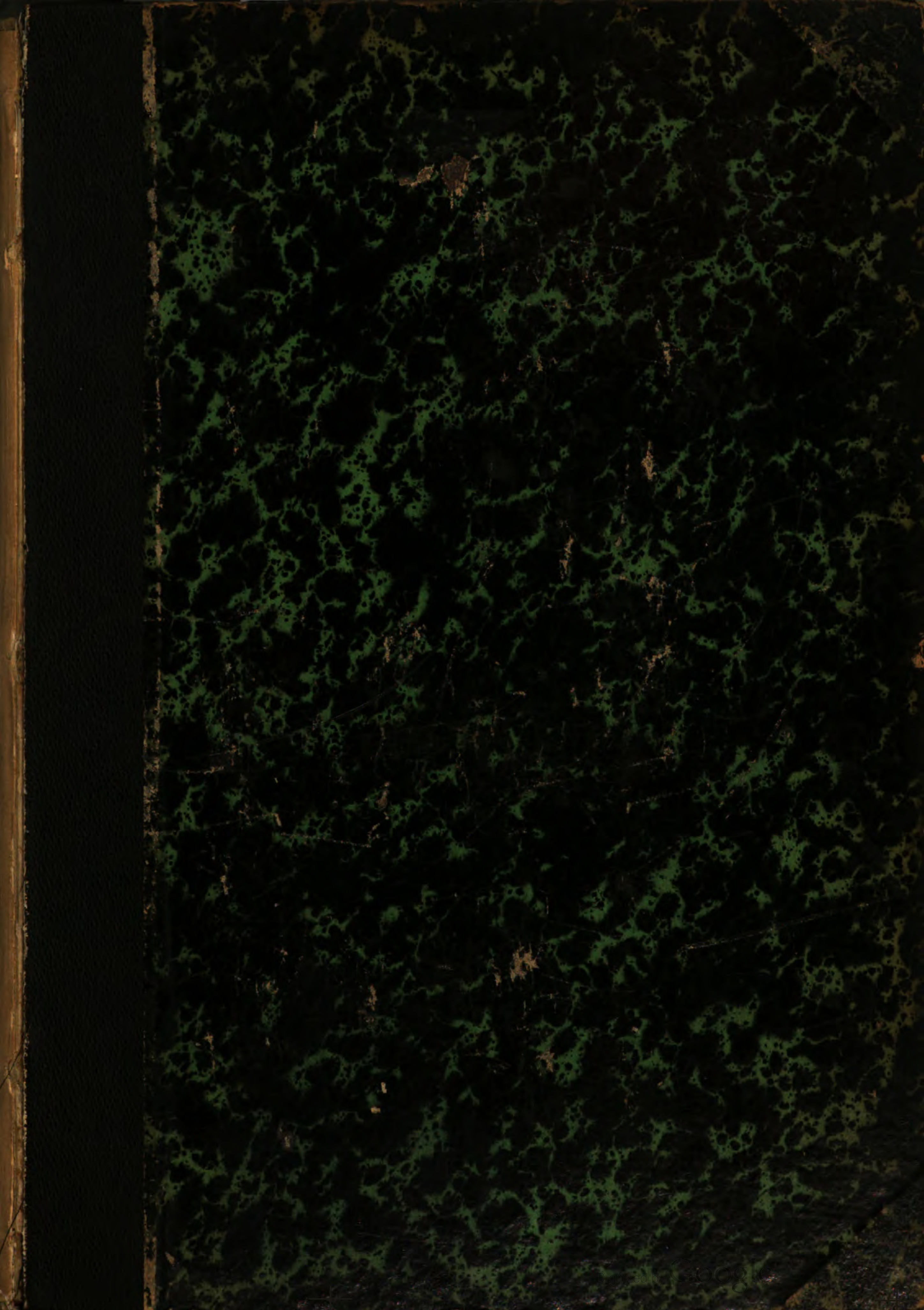
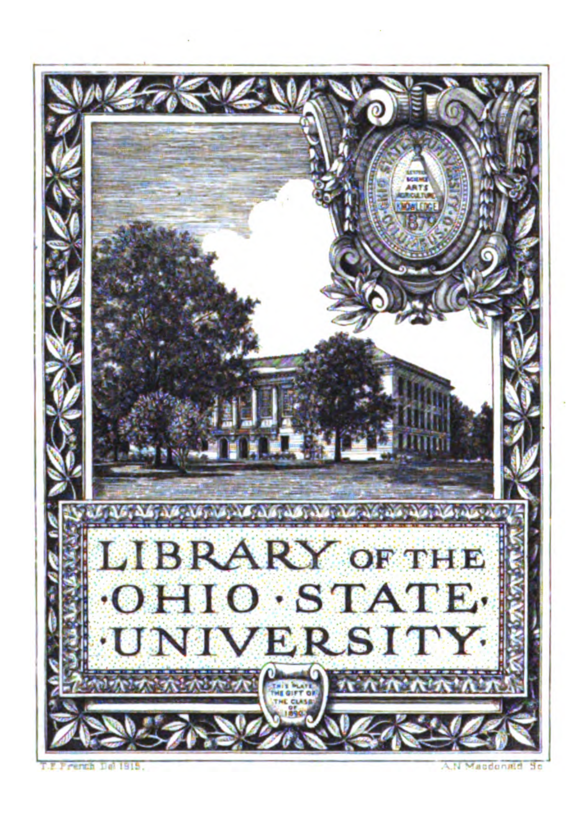



LIBRARY OF THE
·OHIO·STATE·
·UNIVERSITY·
THIS PLATE THE GIFT OF THE CLASS OF
T.F. French Del 1915.
A.N. Macdonald Sc

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Unter der besonderen Mitwirkung

von

Dr. E. Mach,
Professor an der Universität zu Wien

und

Dr. B. Schwalbe,
Professor und Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin

herausgegeben

von

Dr. F. Poske.

Dreizehnter Jahrgang.

1900.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1900.



Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Inhalts-Übersicht.

* bedeutet „Kleine Mitteilung“. Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davorgesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines,

Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. Mechanik der drei Aggregatzustände.



Chemie.



Neu erschienene Bücher und Schriften.



Programm-Abhandlungen.

Versammlungen und Vereine.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Correspondenz.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren: H. Böttger (Berlin), P. Gerber (Stargard), A. Gleichen (Berlin), E. Götting (Göttingen), W. Grofse (Berlin), K. Haas (Wien), H. Hahn-Machenheimer (Berlin), Janson (Köln), F. Körber (Grofs-Lichterfelde), O. Ohmann (Berlin), A. Pabst (Leipzig), E. Schenck (Berlin), J. Schiff (Breslau), A. Schmidt (Friedenau), B. Schwalbe (Berlin).

Bei der Redaktion des Jahrganges hat Herr O. Ohmann mitgewirkt.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang. Erstes Heft. Januar 1900.

Der Anfang des Jahrhunderts.

Eine Betrachtung über Zählen und Messen.

Von

M. Koppe in Berlin.

Die Auffassung der Zahlen, durch welche ein Zeitpunkt nach Jahr, Tag und Stunde bestimmt wird, hat sich allmählich unter dem Einfluſs der Mathematik, der Physik und der Verkehrsinteressen bei den Kulturvölkern geändert, und besonders im letzten Jahrhundert ist die Herrschaft des Neuen gesichert worden. Man muſs diesen Umwandlungsprozeſs berücksichtigen, wenn man die Frage nach der Grenze des Jahrhunderts im Sinne des heutigen Denkens beantworten will. Mit Unrecht glaubt man, dem historischen Gesichtspunkte genügt zu haben, wenn man der modernen Leichtigkeit des Ausdrucks die schwerfälligen lateinischen Datierungen des Mittelalters als angeblich noch bestehende, unvergängliche Norm gegenüberstellt.

Ein einfacheres Beispiel einer allmählichen Veränderung eines Sachverhalts bietet die Lage des Schalttages, der nach gelehrter Auskunft der 24. Februar (a. d. bis VI Cal. Mart.) ist, eine Angabe, die auch der sonst so vorurteilsfreie Lambert übernimmt und die noch heut in den Volkskalendern steht. Das ist für den mittelalterlichen Kalender der römischen Kirche richtig gewesen, wo nach der lateinischen Bezeichnung jener Tag aus dem Rahmen der Tage eines Gemeinjahres heraussprang und mit keinem besonderen Heiligen bedacht war. Für den modernen Menschen, der sich in den Kalender hineinlebt, ist nach der jetzigen Zählung der Monatstage ebenso berechtigt und sicher, daſs trotz aller historischen Untersuchungen der 29. Februar das ist, was das Schaltjahr auszeichnet, und daſs er als Schalttag anerkannt werden muſs[1]).

Unsere gewöhnlichen ganzen Zahlen, z. B. . . 4, 3, 2, 1 werden in ihrer natürlichen und ursprünglichen Bedeutung da verwandt, wo es sich darum handelt, eine aus Individuen bestehende Menge, z. B. Personen, Stahlfedern, Sandkörner, Moleküle zu zählen. Brüche finden in solchen Fällen keine Verwendung, denn wenn man z. B. eine Stahlfeder in zwei Teile zerbricht, so lassen die Teile einen ähnlichen, wenn auch beschränkteren Gebrauch wie das Ganze nicht zu, können daher nicht als Hälften bezeichnet werden.

Die Zahlen werden ferner auch mit gröſstem Nutzen herbeigezogen, um Gröſsen zu messen, die überall in Stücke teilbar sind, welche eine dem Ganzen ähnliche Verwendung zulassen, z. B. die Länge eines Fadens, den Flächenraum eines Feldes oder Landes, die Menge eines Stoffes nach Rauminhalt oder Masse, die Dauer einer Zeit.

[1]) Die Reihenfolge der Tage im Februar eines Schaltjahres muſs sein a. d. VII Cal. Mart. (= 23. Febr.), a. d. bis VI (24), a. d. VI (25), a. d. V (=26). Denn da rückwärts gezählt wird, geht „bis VI" dem „VI" voran. Das widerspricht der Tabelle im Grotefends Taschenbuch, löst aber den im Text hervorgehobenen Zwiespalt. Auch Felix Müllers Kalender-Tabellen geben eine falsche Zählung.

Um sie hierzu fähig zu machen, hat man für jede Art von Gröfsen mehr oder minder willkürlich ein Mafs festgesetzt, durch dessen wiederholte Abtragung man die zu messende Gröfse zu erreichen oder zu erschöpfen sucht. Überschiefsende Teile die meistens auftreten, werden vernachlässigt oder zu einem vollen Mafse ergänzt. So würde man die Lebenszeit Kaiser Wilhelms I. nach gewöhnlichem Sprachgebrauch auf 90 Jahre angeben, für eine Statistik nach den Grundsätzen der exakten Wissenschaften auf 91 Jahre abrunden.

Das Streben nach gröfserer Genauigkeit führte dazu, den Hauptmafsen kleinere Nebenmafse beizugesellen, für die man am besten genaue Teile von jenen nahm. Doch zwangen natürliche Gründe, das julianische Jahr in 365¼ Tage zu teilen. So wird z. B. die Höhe eines Turmes nach Fufs und Zoll, ja selbst Linien angegeben.

Zählt man eine bestimmte Menge von Individuen, z. B. die Schüler einer Klasse, so ist die Reihenfolge, in der man den einzelnen die Zahlen 1, 2, 3, 4 . . zuteilt, gleichgiltig für das Resultat der Zählung. Es giebt aber häufig eine bestimmte nicht gleichgiltige Reihenfolge, welche die Rangordnung der Schüler darstellt, und wonach sie nicht als 1, 2, 3, . . sondern als erster, zweiter, dritter . . also mit Ordinalzahlen statt der Kardinalzahlen bezeichnet werden.

Etwas Ähnliches findet statt, wenn man die Lage eines Ortes an einer von Berlin ausgehenden Chaussee dadurch angiebt, dafs man die Strecke zwischen ihm und Berlin mifst. Für die Lage des Punktes ist die Ordnungszahl der letzten Meile, die in der Strecke von Berlin bis zu ihm enthalten ist, ausschlaggebend. So hiefs es im Altertum, ein Ort liege *ad quintum lapidem*, wohl nicht dicht am Meilenstein, sondern längs der 5. Meile, ähnlich bei der Zeit *prima hora* (d. h. von 6 bis 7^h morgens) und bei Fragen *quota hora est?*

Werden die Zahlen grofs, so ist das Bilden und Aussprechen der Ordinalzahlen beschwerlich, und man erreicht, bei Beschränkung auf ein Mafs, doch nur dürftige Genauigkeit. Nimmt man noch Unterabteilungen hinzu, so wird die Bezeichnung nur schwerfälliger. Früher waren die Chausseen von Berlin aus durch grofse Steine in Meilen, diese durch kleinere in Teile (Zehntel) und Unterabteilungen (Hundertstel) geteilt. Ein merkwürdiger Punkt, etwa ein Baum oder ein Denkstein, war nicht deutlich beschrieben durch die Angabe, er stände an der 4. Meile; genauer, wenn man hinzufügte, im 1. Teile, oder gar in der 7. Unterabteilung, oder kurz IV Meile, I Zehntelmeile, VII Hundertstelmeile.

Solche Angaben in Ordinalzahlen waren für Rechnungen teils undurchsichtig, teils ganz unbrauchbar. Man konnte wohl den Abstand zweier derartig bestimmter Punkte durch einfache Subtraktion finden, wobei das Resultat eine richtige mittels Kardinalzahlen ausgedrückte Strecke wurde. Wollte man aber etwa bei Einführung des Metermafses und Aufstellung neuer Chaussee-Steine die Lage des erwähnten Punktes für das neue Mafs angeben, so war dies nur möglich, indem man auf seine Abscisse = 3,06 Meilen überging und die Rechnungszahl durch Multiplikation mit 7,420 in 22,70 km verwandelte, von wo man dann allenfalls wieder in Ordinalzahlen XXIII Km, VIII Hm, I Dm erhalten konnte.

Der einzige Vorzug der Zählung vor der Messung liegt darin, dafs man die Ordinalzahlen ohne die von den Indern erfundene Null, also in römischen Ziffern schreiben kann, was einen altertümlichen und monumentalen Eindruck hervorbringt. Vor etlichen Jahren befand sich in einer Turnhalle ein Klettergerüst mit einer Meterteilung, wo die Meter von unten an als 1., 2., 3., numeriert waren, und in jedem Meter die dm als I, II, . . . X figurierten. Der Turner kletterte nach diesem Zerr-



bilde eines Mafsstabes aus $2.^m$ $X.^{dm}$ nach $3.^m$ $I.^{dm}$. Die Techniker haben immer eine andere Einrichtung der Mafsstäbe für sachgemäfs befunden.

Ebenso ist es auch bei Zeitbestimmungen heutzutage nicht mehr ausreichend, die Nummer der Stunde anzugeben, wo etwas geschah, z. B. „um die 9. Stunde". Mit der Einführung von Minuten ist die Herrschaft der Ordinalzahlen auch hier geschwunden. Auf dem Fahrplan einer Eisenbahn kann nicht stehen, der Zug gehe ab in der 15. Minute der 9. Stunde, sondern es steht da 8^h 14^m. Das ist die Abscisse oder Zeitstrecke, gemessen von der natürlichen Epoche (Mitternacht) ab, die allerdings seit Einführung der M.E.Z. etwas verlegt ist, sodafs man thatsächlich als Epoche nur denjenigen Zeitpunkt bezeichnen kann, wo beide Zeiger einer Eisenbahnuhr ihre Hauptstellung auf XII haben. Ist die Lufttemperatur während eines Tages wiederholt beobachtet worden, so ist zu einer graphischen Darstellung nur nötig, dafs man die von der Epoche ausgehenden Zeitstrecken auf einer Abscissenachse vom Ursprung aus als Linienstrecken aufträgt und die Thermometerstände als Ordinaten hinzufügt. Nach der veralteten Art hätte man dagegen auf der Abscissenachse gleiche Strecken als Stunden abzutragen mit der Bezeichnung erste, zweite dritte etc., und in jeder Stunde eine erste, zweite etc. Minute abzugrenzen, nach dem Muster des oben beschriebenen Klettergerüstes.

Wir haben bisher nur die Festlegung eines Zeitpunktes im Verlauf eines einzelnen Tages betrachtet und gesehen, wie hier allmählich das Zählen der Stunden in das Messen der seit der Epoche verflossenen Zeit übergegangen ist. In der Übergangsperiode hielt man an der natürlichen Epoche, Mitternacht oder auch Mittag, fest, man war daher gezwungen, die Stundenziffer um 1 zu ändern, die 9. Stunde in 8^h und etliche Minuten umzuwandeln.

Gehen wir nunmehr zur Festlegung eines Zeitpunktes innerhalb eines beliebig grofsen Zeitraumes über. Hier mangelt uns eine natürliche Epoche So kam es, dafs die Jahre nach Consuln und Archonten benannt wurden, später als erstes Jahr, zweites Jahr, in welchem ein bestimmter römischer Kaiser regierte, wobei dann das Jahr des Regierungswechsels zwei Namen erhielt[2]). Als der Abt Dionysius der Kleine 525 das Osterfest für ewige Zeiten auf alexandrinischer Grundlage vorausbestimmte, mufste er die zukünftigen Jahre, die zunächst nur seinem Geiste vorschwebten, auf eine eigentümliche Art bezeichnen. Sie wurden von ihm als *anni domini nostri Jesu Christi* gezählt, wofür man später auch *anni nativitatis* und *anni incarnationis domini* sagte. Seine Ostertafel reichte vom Jahre 532 durch einen Cyclus von gleichfalls 532 (= 4 . 7 . 19) Jahren, da sie sich von da ab, wenn die Mondphasen wirklich alle 19 jul. Jahre auf denselben Tag fielen und alle 4 Jahre ein Schalttag berechtigt wäre, in derselben Reihenfolge hätten wiederholen müssen. Zur Zeit des Dionys war im bürgerlichen Leben noch der römische Jahresanfang, 1. Januar, üblich, die Kirche bevorzugte den 25. Dezember; später ist man, aber erst seit 1753 nach dem Beitritt Englands allgemein, zu dem heidnischen Jahresanfang zurückgekehrt, was man nun kirchlich als Rechnung nach dem Cirkumcisions-Stil ausgab. Manche Staaten glaubten die Jahre vom 25. März zählen zu müssen (Annuntiations-Stil), so dafs man in Florenz den Jahresanfang z. B. noch unseres Jahres 1748 bis zum 25. März hinausschob, in Pisa ihn bis zum 25. März des Vorjahres zurückverlegte[3]). Für die Tabelle des Dionys war die Jahresgrenze gleichgiltig, er wird sie

[2]) S. z. B. Zumpt, Annales veterum regnorum, imprimis Romanorum.

[3]) Grotefend, Taschenbuch der Zeitrechnung.



sich wohl am 25. Dezember gedacht haben. Da nun inzwischen der Jahresbeginn vom 25. Dezember unter allgemeiner Übereinstimmung um 8 Tage, auf den 1. Januar, verschoben worden ist, so müssen wir sagen, dafs wahrscheinlich in der Vorstellung des Dionys Christi Geburt auf denjenigen Zeitpunkt der römischen Geschichte gefallen ist, der um 8 Tage dem 1. Januar des Jahres 1 unserer Zeitrechnung, des „1. Jahres nach Chr. Geb.", vorausging. Das wäre aber eine persönliche Ansicht des Dionys, die uns gleichgiltig sein kann; ebenso gut könnte er auch, um sich den späteren Chronologen zu akkommodieren, in seiner Tabelle an den bürgerlichen Anfang des Jahres gedacht haben, da ihm der Ehrgeiz fernlag, die Jahresgrenzen zu reformieren. Dann würde er die Geburt Christi sich in der Nacht vom 31. Dezember (des chronologischen Jahres 1 vor Chr. Geb.) auf den 1. Januar (des Jahres 1 nach Chr. Geb.) gedacht haben. Wir können heute unmöglich kirchlicher sein wollen als der Papst und müssen deshalb die Verschiebung um 8 Tage als *quantité négligeable* betrachten. So haben auch die Chronologen, welche die Epoche des Dionys auch für eine neue Ära des Rückwärtszählens annahmen, es sich gefallen lassen, dafs man ihnen die gemeinsame Epoche beider Ären vom 25. Dezember auf den 1. Januar verschob, und die benennende Ordinalzahl haben sie bei dem ungestörten gröfseren Stamm eines jeden Jahres gelassen. Übrigens war der Zeitpunkt von Christi Geburt dem Dionys weniger genau bekannt als uns, und wird wohl ganz genau überhaupt niemals bekannt werden. Sollte dies aber je geschehen, so wird doch niemand das jetzt in der Kulturwelt einheitliche Ziffernbild der Jahreszahlen verändern wollen, ebensowenig wie man das jetzt bei allen Völkern (aufser England) einheitliche Meter und Gramm aufgeben wird, wenn man die genaue Gröfse wird ermittelt haben, die es eigentlich seiner ursprünglichen Definition nach haben müfste. Noch dazu sind jene Definitionen nicht ganz bestimmend. So werden auch die Nivellements-Höhen der sicheren Punkte des festen Landes nicht jedesmal verändert, wenn man die mittlere Höhe des schwankenden Meeresspiegels aus fortgesetzten Beobachtungen genauer bestimmt. Statt dieses unsicheren Ausgangspunktes hat man ein festes Normal-Null auf dem Lande gesetzt. Zu diesem modernen Gedanken hat man sich bei der Zählung der Jahre *ab urbe condita* nicht erhoben, wo jedes sichere Ereignis der römischen Geschichte zwischen zwei Jahreszahlen hin- und herschwankte, die sich um 2 unterschieden, weil Cato und Varro für die Gründung der Stadt nicht denselben Zeitpunkt ermittelt hatten.

Dionysius hat nur einen glücklichen Keim gelegt, aus dem sich unsere jetzige einheitliche Zeitrechnung allmählich entwickelt hat, gelenkt durch neue hervortretende Bedürfnisse. Heutige Zeit- und Streitfragen können daher nicht durch Berufung auf einen angeblichen Standpunkt des Dionys entschieden werden.

Innerhalb des Jahres läfst sich ein Tag leicht durch seine Nummer bestimmen, da die Monate wegen ihrer ungleichen Länge nicht als kleineres Mafs brauchbar sind. Sieht man von dem Schalttag ab, so hat das erste Vierteljahr 90 Tage, das zweite 91, das dritte 92 Tage, z. B. ist der 21. Juli, da $90 + 91 + 21 = 202$ ist, der 202. Tag des Jahres. So ist Kaiser Wilhelm I. geboren am 81. Tage des 1797. Jahres, gestorben am 68. Tage des 1888. Jahres (*anni millesimi octingentesimi octogesimi octavi*). Will man hieraus die Lebenszeit finden, so schreiben viele Rechenlehrer (wie auch bei Berechnung der Ausleihefrist eines Kapitals) vor, die angegebenen Zahlen erst so umzuwandeln, dafs sie die seit Chr. Geb. gemessenen Zeiträume oder Zeitstrecken darstellen. Am Todestage waren seit der Epoche wirklich verflossen 1887 Jahre 67 Tage, am Tage der Geburt 1796 Jahre 80 Tage. Durch Subtraktion



dieser Zeiten erhält man eine Lebensdauer von 90 Gemeinjahren 352 Tagen, wozu noch die 22 Schalttage (für solche Rechnungen natürlich 29. Februar) der Jahre 1804, 1808, . . . 1888 kommen. Das erreichte Alter beläuft sich also auf 91 Gemeinjahre 9 Tage, oder 33 224 Tage = 4746 Wochen 2 Tage.

Wer oft derartige Rechnungen auszuführen hätte, würde es bald als eine ganz nutzlose, Irrtümer veranlassende Unbequemlichkeit empfinden, die im Datum gegebenen Zahlen für Jahr und Tag um 1 zu vermindern. Benutzt man die Zahlen genau mit den im Datum gegebenen Ziffern als Rechnungszahlen, so liefert die Subtraktion gleichfalls die gesuchte Zeitdauer. Warum? Weil auch jetzt die Zahlen Zeitstrecken angeben, gemessen von einer festen Epoche, nur nicht von der des Dionysius, sondern von einer fingierten Epoche, die 1 Jahr und 1 Tag vor der seinigen liegt.

Die Notwendigkeit, diese fingierte Epoche einzuführen, ergiebt sich unumstöfslich, wenn man eine Zeitangabe betrachtet, in der neben Jahren und Tagen noch Stunden und Minuten vorkommen. Ein Ereignis habe stattgefunden 1871 Jan. 18, $12^h 30^m$, d. h. nach der Deutung der Historiker, die eine moderne Datierung wie eine aus dem Mittelalter stammende interpretieren, am 18. Tage des 1871. Jahres, als seit Beginn dieses Tages $12^h 30^m$ verflossen waren. Dies ist eine monströse Zahlenzusammenstellung, beginnend mit Ordinalzahlen, dann überspringend in Kardinalzahlen. Natürlich kann ein Mafsstab nicht in den kleinen Teilen, z. B. dm, cm, mm, die Zahlen 0, 1, . . an den Teilstrichen tragen, in seinen gröfseren Abschnitten aber den einzelnen Teilen, z. B. Metern, selbst die Namen, erstes Meter, zweites Meter, beilegen. Dafs nun jemals der zweite Teil jenes Ungetüms, die $12^h 30^m$, dem Anfang zu Liebe aus einer Messung in eine Zählung zurückverwandelt wird, ist unmöglich. Also mufs der die Jahre und Tage enthaltende Anfang sich dem Ende accommodieren. Dadurch gelangt der im Zuge der Zeit liegende Übergang vom Zählen zum Messen auch für die Zeit zum Abschlufs, zu dem er für die Längenmessung längst gekommen ist.

Wie sollte dieser Übergang insceniert werden, wenn etwa jemand daran zweifelte, dafs er schon stattgefunden hat? Würde es etwa nötig sein, nach internationalen Vereinbarungen alles Volk zu veranlassen, etwa am 5. Januar 1901, d. i. nach historischer Deutung am 5. Tage des 1901. Jahres seit Christi Geburt, dieses Datum umzuschreiben in $1900^a\,4^d$, weil seit der Epoche des Dionysius eine Zeitstrecke von 1900 Jahren 4 Tagen vergangen sei? So gewaltthätig verfuhr man — sehr unbesonnener Weise — nach dem Jahre 1582, als dekretiert wurde, statt des 5. Oktober zu schreiben 15. Oktober, und die Vernunft war damals bei den Bauern, welche wohl einsahen, welches Gut eine über den Erdball und durch alle Zeiten ausgebreitete gleichmäfsige Zählung der Zeit wäre, und die deshalb die ausgelassenen Tage zurückverlangten. Heute würden sie umgekehrt 1 Jahr und 1 Tag hinzubekommen. Man wird aber keine Beschlüsse zu fassen brauchen. Die Änderung ist bereits geschehen. Stillschweigend ist in der Schrift jedes Zeichen weggefallen, das auf Ordinalzahlen hinweist. In den Sprachen haben die Jahreszahlen ihre langen Endungen verloren, die Tage tragen im Deutschen, wenigstens in feierlichem Stil (nicht in kaufmännischer Correspondenz, wo man liest, wie geschrieben steht, 1871 Januar 18), noch ihre Endungen, im Französischen gelten bis auf ein paar Ausnahmen auch hier die Kardinalzahlen. Damit ist im Denken und Empfinden der Kulturmenschheit an Stelle der früheren „Epoche“ die neue fingierte getreten, die Zahlen der Jahre und Tage haben ihre Ziffern behalten, aber ihren Charakter verloren. Umgekehrt haben, schon früher, die Stunden und Minuten ihre Ziffern geändert, und die für sie giltige Epoche (Mitternacht), weil sie natürlich war, ist geblieben.



Im Mittelalter hatte man wirklich so viel Zeit, bei Datierungen den Jahren ihre langen lateinischen Namen zu geben. Heute bei der aufserordentlichen Menge von Schriftstücken, Rechnungen, Zeitungen, Briefen, ist es längst nicht mehr möglich, so lange Datierungen zu schreiben, oder wenn sie so lang gedruckt wären, sie zu lesen.

Wen sein Bildungsgang durch eine lateinische Schule hindurchgeführt hat, der hat bei der Einübung der Numeralia erfahren, dafs „Im Jahre 1818“ durch die schweren Zahlen mit den langen Endungen übersetzt werden mufs, dafs es also „logisch“ das 1818. Jahr ist, wofür man ja auch Belege aus dem Mittelalter anführen kann. Hieran wurde dann angeknüpft, um — vor etlichen Jahrzehnten — immer den Schülern ganz klar zu beweisen, dafs ein Jahrhundert erst vorüber sei am Ende des Jahres 1900 oder 1800, seltsamerweise habe es aber um das Jahr 1800 Personen gegeben, die eine so einfache Frage falsch beantwortet hätten. Jetzt nun, wo die Gelegenheit da ist, den Spruch „non scholae sed vitae discimus“ zu bewähren, zeigt sich eine allgemeine Fahnenflucht der Gebildeten, alle schicken sich an, den 1. Januar 1900 zu feiern, die Gelehrten geben zu, dafs ihre Entscheidung — obwohl richtig — dem natürlichen Empfinden widerspreche. Unseres Erachtens ist hier das Volk im Recht, die sog. gelehrte Ansicht sucht vergeblich eine abgestorbene Antiquität lebendig zu erhalten [4]). Denn wenn jemand, ohne das oben erwähnte Bruchstück klassischer Bildung, sich im modernen Leben zurechtzufinden sucht, so wird er bald finden, wie er sich zu verhalten hat, um mit einem Zuge mitzukommen, der laut Fahrplan um $12^h\ 30^m$ abfährt. Er wird daraus schliefsen, dafs $12^h\ 30^m$ die Zeitstrecke von Mitternacht (der Epoche) an bis zu dem Ereignis bedeutet. Analog wird er seine Auffassung einer Zeitangabe auch bei gröfseren Zeiträumen ausbilden, und wenn ihm etwa 1871 Jan 18, $12^h\ 30^m$ entgegentritt, oder besser $1871^a\ 18^d\ 12^h\ 30^m$, so wird er sich in die Anschauung hineinleben, es sei seit einer gewissen Epoche diese Zeit abgelaufen. Dementsprechend wird er am Ende des Jahres 1899 das Jahrhundert für vollendet erachten. Seine „Epoche“ ist aber nicht mehr die mittelalterliche des Dionysius, sondern die für moderne Auffassung modifizierte, 1 Jahr 1 Tag früher liegende.

Wer noch, auf historischer Grundlage, den Anfang des obigen Datums mit der Epoche des Dionysius als 18. Tag im 1871. Jahre auffafst, wird die Mängel seines Standpunktes erkennen, wenn er versucht, die variable Zeit auf einer geraden Linie graphisch so darzustellen, dafs man zu jeder Zeitangabe leicht den entsprechenden geometrischen Punkt ohne Umrechnungen finden kann. So denkt sich z. B. Lambert für seine Finsternis-Tafel die Jahre, z. B. das 1870., 1871. . . . auf einer Abscissenachse an einander gereiht, jedes in 365 oder 366 Tage eingeteilt, welche dann noch in Stunden zerlegt werden können. Wegen der aufserordentlichen Länge der Figur zerlegt er sie in Sektionen, die untereinander gezeichnet werden, und deutet dann die Zeitpunkte mittleren Neu- und Vollmondes, ferner der Durchgänge des Mondes durch die Knoten an [5]). Hier wird es nun erforderlich, den Jahresstrecken, den Tagesstrecken in voller Ausdehnung deren Namen zuzuschreiben, wie bei dem oben erwähnten Klettergerüst, die Stunden werden dagegen durch 0, 1, 2, . . . 24 an den Teilstrichen bezeichnet. Hat man dagegen die Vorstellung der fingierten Epoche, so stellt die Abscissenachse durchgehends einen rationell bezifferten Mafsstab dar.

---

[4]) Auch Kewitsch vertritt diesen Standpunkt in Hoffmanns Zeitschrift für den math. und naturw. Unterricht, XXX, S. 487. Doch scheint sein Artikel beim Setzen etwas in Unordnung geraten zu sein.

[5]) Siehe diese Zeitschrift VII, S. 54.



Im Berliner astronomischen Jahrbuch ist die schnell wechselnde Stellung des Mondes nicht nur für den Mittag jeden Tages, den bei den Astronomen immer noch üblichen Anfang, sondern auch für Mitternacht angegeben. Dabei steht als angeblich unzweideutiges, nicht näher erklärtes Argument z. B. 1871 Jan. 18,0, Jan. 18,5 Deutet man das letztere als denjenigen Zeitpunkt, wo am 18. Januar der Bruchteil 0,5 des genannten Tages vergangen ist, so wäre hier in einer Dezimalzahl der Anfang als Ordinalzahl, das Ende als Angabe einer Messung, also als Kardinalzahl zu betrachten. Die Zahl wäre in sich heterogen. Denkt man aber an die fingierte Epoche, von der ab aufser 1871 Jahren noch 18,0 oder 18,5 Tage verflossen seien, so wird die Anhängung der Dezimalstellen sofort richtig verstanden. Vielleicht hat man auch die Funktion „Anfang des x. Tages" von $x = 18$ bis $x = 19$ etwas gewaltsamer Weise interpoliert. Ein lateinisch gebildeter Leser würde, wenn er aus den angehängten Dezimalen ersehen hat, dafs es sich bei 18,5 nicht um eine Zählung handeln könne, auf die falsche Deutung geführt, dafs seit der Epoche 18,5 Tage vergangen seien, also der 19. Januar Mitternacht gemeint sei. Welche Deutung die Verfasser wünschen, läfst sich nur mit Hilfe der Beobachtung oder durch Vergleichung des Sonnen- und des Mondortes für den Zeitpunkt einer angeblich stattfindenden Finsternis feststellen.

Durch Messung der Zeitstrecke von der fingierten Epoche (0) aus kann man nicht nur Zeitpunkte der Zeit nach Chr. festlegen, sondern auch solche der alten Geschichte. Die Abscissen würden dann negativ sein, z. B. $x = -3^a\, 300^d$. Aber diese der analytischen Geometrie entlehnte Darstellungsart ist hier nicht sachgemäfs, sie würde verlangen, dafs man die Tage der Jahre des Altertums vom Ende zum Anfang numerierte, während doch damals die Reihenfolge der Monate und die natürliche Folge der Tage, wie heute, dem Lauf der Zeit entsprach. Deshalb hat man die Abscisse umzuwandeln in $x = -4^a + 66^d$. Das ist dasselbe Verfahren, welches für die Logarithmen nicht nur üblich, sondern notwendig ist, und welches nicht etwa eine besondere Eigenschaft der Briggischen Logarithmen darstellt. Die Zahl der Jahre entspricht der Charakteristik, die der Tage ist die Mantisse[6]), Zugabe, deren Wesen ist, stets positiv zu sein. Die Länge des Jahres entspricht der Einheit der Charakteristik, nämlich dem Logarithmus von 10.

-4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6

5tes 4tes 3tes 2tes 1tes 1tes 2tes 3tes 4tes 5tes

Jahr vor Chr. Geb. Christi Geburt Jahr nach Chr. Geb.

Kehrt, ein Jahr lang, bei allen Zeitangaben immer dieselbe Charakteristik wieder, z. B. $1871^a\, 18^d$, $1871^a\, 66^d$, $1871^a\, 360^d$, so wird man diesem Jahr den Namen 1871 geben, wie üblich. Ebenso wird man das Jahr mit der Charakteristik (—4), in dem also die Zeitpunkte $-4^a + 18^d$, $-4^a + 66^d$ etc. liegen, das Jahr (—4) nennen. Es fällt nach beistehender Figur zusammen mit dem Jahre, welches die Chronologen als 5. Jahr vor Christi Geburt bezeichnen. Das Kennzeichen eines Schaltjahres ist auch vor Chr. Geb., dafs seine Charakteristik durch 4 teilbar ist. Da die Skalen der Jahre vor und der Jahre nach Christi Geburt incohärent sind, so können die Chronologen nur mit Vorsicht den Abstand zweier in jenen liegender Zeitpunkte richtig

[6]) Es scheint immer noch unbekannt zu sein, welcher Mathematiker zuerst das Wort Mantisse angewandt hat. Vergl. Koppe, Logarithmen und Sinus, Progr. d. Andreas-Real-Gymn, Berlin 1893, S. 31.



finden. Sie haben ein besseres Mittel erfunden, das Negative, welches sich allerdings beim Zählen schwieriger als beim Messen einführen läfst, zu umgehen. Sie haben, wie Fahrenheit zur Vermeidung negativer Grade den Nullpunkt seines Thermometers tief hinabrückte, den Anfang einer sog. Julianischen Periode in eine graue Vorzeit verlegt, bis wohin die Geschichte nicht reicht, und gewinnen so für alle Tage der bekannten Geschichte eine fortlaufende Zählung, die zu Rechnungen geeignet ist. Das nächste Jahr ist das 6613. dieser Periode, der 1. Januar der 2 415 021. Tag. Die Einführung dieser Periode durch Scaliger soll zuerst Licht in der Chronologie verbreitet haben.

Glücklicherweise hat sich eine überflüssige Ausdehnung des Zählens statt des Messens, die neuerer Zeit angehört, noch nicht so allgemein verbreitet, dafs man auf sie bei Interpretation eines Datums Rücksicht zu nehmen hätte. Es ist Mode geworden, Jahrhunderte zusammenzufassen, als ob sie in sich abgeschlossene, voneinander verschiedene Individua wären, und sie von Christi Geburt an als 1., 2. u. s. w., unser jetzt bald abgeschlossenes als 19. zu bezeichnen. Das ist eine gelehrte, dem allgemeinen Empfinden widersprechende Bezeichnungsweise, da sie im Widerspruch zu dem Ziffernbilde aller darunter begriffenen einzelnen Jahreszahlen steht. Was unter dem 19. Jahrhundert verstanden werden soll, weifs ja schliefslich jeder Gebildete, für andere Zahlen mufs er es sich jedesmal, nicht ohne Irrungen, erst ausrechnen. In einer Radfahr-Zeitung stand kürzlich, im Jahre 2000 würde ein neues, in London ausgestelltes Fahrrad den Markt beherrschen, welches einen Berg frei herabfahren könne, während die Pedale stillständen. Gemeint war nicht das Zukunftsjahr Bellamy's, sondern der Anfang des 20. Jahrhunderts, also das nächste Jahr. Wäre es jetzt schon allgemeiner Brauch, nicht von unserem 1899. Jahre, sondern von dem 99. Jahre des 19. Säculums zu reden und es so zu schreiben, so hätte ich im obigen die fingierte Epoche nicht nur um 1 Jahr und 1 Tag, sondern noch um 1 Jahrhundert vor die Epoche des Dionysius hinaufrücken müssen, was sehr zu bedauern gewesen wäre. Diese Bezeichnung der Jahrtausends ist ein Rückfall in den veralteten Brauch des Zählens gerade bei den Einheiten, die erst in neuer Zeit überschaut und zusammengefafst sind. Viel angenehmer würde der von Kewitsch vorgeschlagene Name: Jahrhundert „18“ für unser Jahrhundert sein, entsprechend dem beständig wiederkehrenden Vordruck 18 auf allen in ihm ausgegebenen Quittungen. Ähnlich hätten die Italiener, unter Weglassung des Jahrtausends, mit *cinque cento* die Zeit von 1500 bis 1599 bezeichnet. Mir ist übrigens von Erscheinungen, die wirklich das Ende unseres Jahrhunderts (*fin de siècle*) dem Anfang des nächsten als anders geartet entgegenstellten, nur die eine bekannt, dafs in den letzten Jahren Frühlingsanfang meist am 20. März war, nächstens aber wieder auf den 21. März rücken wird.

Werden, wie es heute notwendig, die Zeitpunkte durch Messung der Zeitstrecken bestimmt, so hat man bei Einführung neuer Zwischeneinheiten nicht zu besorgen, dafs das Ziffernbild sich ändert. Wenn 1899 Jahre 5 Tage seit der fingierten Epoche verflossen sind, so sind auch 18 Saecula 99 Jahre, oder 1 Jahrtausend 8 Jahrhunderte 9 Jahrzehnte 9 Jahre vergangen. Beim Zählen bewirkt dagegen jede Neueinführung eine Änderung gewohnter Ziffern, wir leben z. B. im 19. Jahrhundert im 99. Jahr oder im 9. Jahre des 10. Jahrzehnts, des 9. Jahrhunderts, des 2. Jahrtausends. Für die Jahrtausende und Jahrzehnte ist diese Zählung noch ungewöhnlich. Dafs wir im 2. Jahrtausend leben, dafs der dänische Krieg in das 7. Jahrzehnt fiel, wird manchen überraschen. Im letzten Falle spricht man vielmehr allgemein von den „60er“ Jahren.



Ein weiteres Beispiel der Verwirrung, die über den Unterschied von Zählen und Messen besteht, findet man in geographischen Lehrbüchern[7]). Nansen ist bis zu einem Punkt von 86° 14′ nördl. Br. vorgedrungen, statt dessen liest man, er habe den 86. Breitengrad erreicht. Wird eine leere Kugelfläche mit dem Äquator und dem von Pol zu Pol (P, P') reichenden Meridian von Greenwich versehen, die sich in A schneiden, so kann man jeden Punkt nach geographischer Länge und Breite leicht eintragen. Die Länge wird vom Hauptmeridian aus nicht gezählt, sondern gemessen und kann auf dem Äquator von A bis B abgetragen werden, die Breite wird vom Äquator aus nicht gezählt, sondern gemessen und kann auf dem Meridian BP abgetragen werden. Für die Ausführung braucht man ein Bandmaſs, auf dem die Länge des Meridians PAP' in 180 Teile zerlegt ist. Sollen viele Punkte aufgetragen werden, so versieht man zur Bequemlichkeit den Globus mit einem Netz von Meridianen und Parallelkreisen (nicht Breitenkreisen, nicht Längenkreisen, noch weniger Breitengraden, Längengraden), z. B. von Grad zu Grad. Dann kann man leicht die Masche finden, in die ein nach Länge und Breite gegebener Ort fällt, und ihn schätzungsweise einzeichnen. Das Netz ist aber nicht die Hauptsache. Man kann nicht die Länge und Breite eines Punktes nach der Zahl der überschrittenen Netzlinien zählen. Die Nummern würden sich sofort ändern, wenn man die Linien enger, z. B. von Minute zu Minute zöge. Die Netzlinien sind nur ein Anhalt für die Messungen, wie die Meilensteine auf der Chaussee. Stellt man auf einer Karte ein Land dar, welches nicht bis zum Äquator und Meridian von Greenwich reicht, so erfüllen einige mitgezeichnete Meridiane und Parallelkreise durch die ihnen beigeschriebene Länge und Breite den Zweck, die Karte auf einem Globus von passender Gröſse richtig zu orientieren.

Kirchhoff, der eine Zählung der Breiten- und Längengrade als gegeben und zu Recht bestehend ansieht, sucht dieser einen Sinn unterzulegen, wonach jene als Zonen resp. Kalotten, diese als Kugelzweiecke erscheinen, und Berlin auf dem 53. Breitengrad läge. Doch bleibt diese Theorie unfruchtbar. Wo er die geographischen Koordinaten einiger Punkte angiebt, thut er es doch in der Weise, daſs er Berlin eine Breite von 52° 30′ beilegt, den Begriff also so anwendet, wie es schon Ptolemaeus in seiner Geographie gethan hat.

Verbesserungen am Reflexions- und Lichtbrechungs-Apparat.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Der in dieser Zeitschrift (*IX 20*) beschriebene Lichtbrechungs-Apparat ist, wie a. a. O. angegeben, eine Modifikation der Apparate von Rosenberg und Szymański, und sollte insbesondere das Sinusgesetz veranschaulichen. Daher hielt ich auch eine Gradteilung für überflüssig und störend, indem sie doch nur auſserhalb des aus quadriertem Millimeterpapier hergestellten Kreises hätte angebracht werden können, wodurch der Raum für die Ziffern[1]) sehr beschränkt worden wäre. Beim Gebrauche des Apparates zeigte sich aber, daſs — bei richtiger Einstellung der Glaskörper — durch Anwendung feiner Lichtlinien die Ablesungen weit genauer gemacht werden konnten, als ich vorausgesetzt hatte. Daher erschien es doch wünschenswert, für gewisse

---

[7]) S. diese Zeitschrift X, S. 134.

[1]) In dem erwähnten Aufsatz (d. Zeitschr. IX, S. 23, Z. 20 s. o.) ist durch ein Versehen eine fehlerhafte Angabe gemacht. Die Ziffern (s. daselbst Fig. 1) geben die Länge der Sinuslinien in Centimetern an, also ist der Radius = **10** cm (statt 100 mm) zu setzen.

Versuche (Minimum der Ablenkung beim Prisma, Grenzwinkel der totalen Reflexion u. a.) eine Gradskala anbringen zu können. Das kann nun in folgender einfacher Weise geschehen.

Aus starkem, weifsem Bristolkarton schneidet man eine Kreisscheibe aus, deren Halbmesser 115 mm beträgt (d. h. um 5 mm weniger, als der Halbmesser der Glasscheibe), zieht einen konzentrischen Kreis von 100 mm und einen zweiten von 102 mm Halbmesser. Auf letzterem wird die Gradteilung angebracht. Hierbei empfiehlt es sich, jeden fünften Teilstrich auch nach innen (um 1 mm) länger zu ziehen (vergl. Fig. 1), da dadurch die Ablesung erleichtert wird. Statt der Ziffern habe ich bei jedem zehnten Teilstrich einen spitzwinkligen Rhombus gezeichnet. Diese Rhomben sind

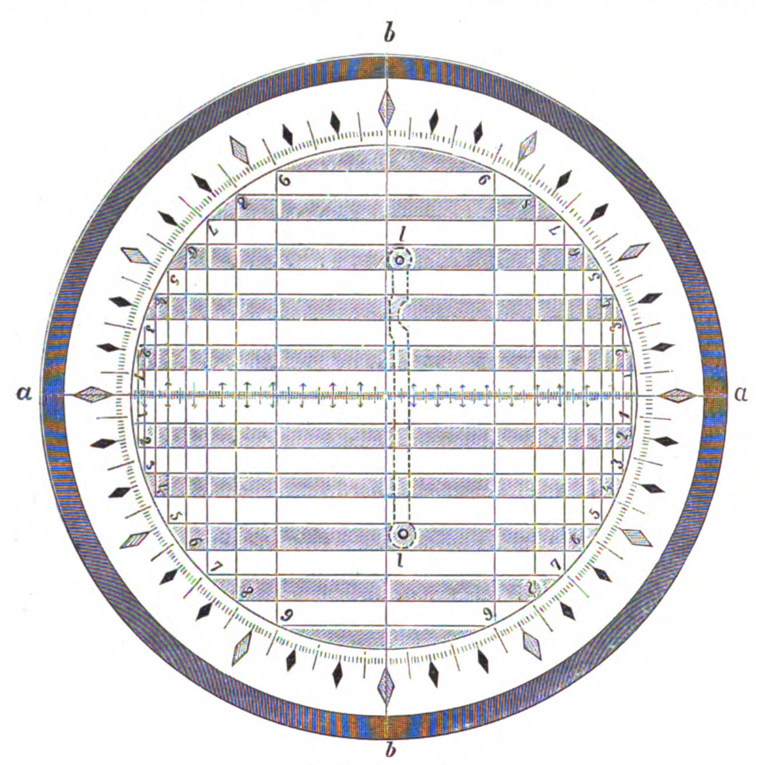


Fig. 1. $^1/_3$ nat. Gr.

bei 300°, °, 60°, 90° etwas gröfser und rot, die übrigen schwarz bemalt. Die Teilung von 10 zu 10 Grad ist weithin sichtbar, sodafs Schüler bei einiger Übung von den letzten Plätzen aus die einzelnen Grade abschätzen können. Zwei senkrechte Durchmesser (*aa* und *bb*, Fig. 1) sind bis zum Rande der Scheibe ausgezogen. Sie dienen beim Anpassen der Kartonscheibe als Leitlinien (s. w. u.).

Um diese Scheibe gleichzeitig zur Ablesung der Sinus geeignet zu machen, sind in dem inneren Kreise ($r = 10$ cm) parallele Sehnen in Abständen von je 1 cm gezogen und die Sinuslinien hinzugefügt. Die in Fig. 1 angebrachten Ziffern (s. d. Fufsnote 1) können auch fortbleiben, wenn man die Linien, welche die Punkte 3—3, 6—6, 9—9 verbinden, rot, die übrigen schwarz macht, und die (Fig. 1) hellschraffierten Streifen blafsblau bemalt[2]).

[2]) Etwa mit Kobalt. Die andern von mir benutzten Farben sind: Karmin 2 und Tusche oder Elfenbeinschwarz von Anreiter in Wien. Bei der Ausführung ziehe man zunächst alle Linien mit der Bleifeder, bemale die parallelen Streifen und ziehe, nach völligem Trocknen, die Linien mit der Reissfeder nach.

Das Anpassen der fertigen Scheibe kann in folgender Weise geschehen. Man entfernt den Bügel, welcher die Glaskörper hält (Fig. 2), indem man die Schraubenmuttern an der Hinterseite löst, die Spiralfedern *ff* abnimmt und den Bügel vorsichtig herauszieht. Die Glasscheibe hat zwei senkrechte eingeritzte geschwärzte Linien[3]) (vergl. d. Zeitschrift, *IX 21*). Nun legt man — während die Glasscheibe auf ihrem Gestell ruht — die Kartonscheibe so auf die Glasscheibe, dafs die Durchmesser (*aa*, *b b*, Fig. 1) mit den Durchmessern der Glasscheibe (die um 5 mm vorragt) zusammenfallen. Nun nimmt man einen feinen Pinsel, der mit etwas Tusche versehen ist, und schiebt ihn von der hinteren Seite in die Öffnungen (*l l*, Fig. 1) für die Stahlstäbchen des Bügels, bis er die Hinterseite des Kartons erreicht. Dreht man nun den Pinsel mit leichtem Druck einige Male hin und her, so entsteht auf dem Karton ein Fleck von der Gröfse der Öffnung. Diese Stellen werden durchlocht, etwa mit einem spitzen scharfen Federmesser, indem man durch Stechen, die Contur herausschneidet.

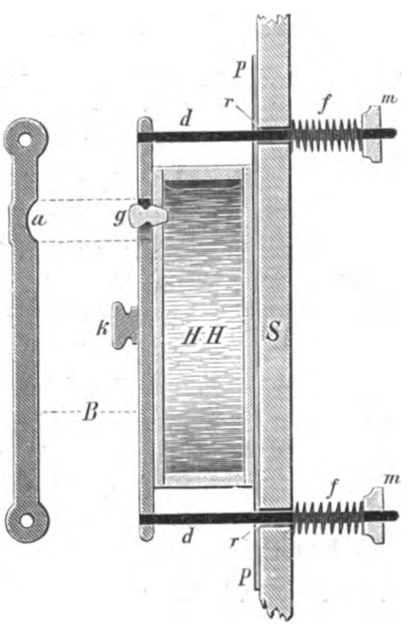


Fig. 2. 1/2 nat. Gr.

Das Aufsetzen der Kartonscheibe ist sehr einfach. Zuerst schiebt man die Stahlstäbchen des Bügels durch die Löcher des Kartons, dann durch die der Glasscheibe, setzt die Spiralfedern auf und schraubt die Muttern an.

Um die Brennweite der gebrauchten Cylinderlinsen, resp. Cylinderspiegel zu bestimmen, ist der Durchmesser des inneren Kreises, welcher der optischen Achse entspricht, in 200 mm (also der Halbmesser in 100 mm) geteilt. Durch Anwendung eines roten und eines blauen Glases läfst sich dann die Differenz der Brennweiten der Linsen für beide Arten von Strahlen sehr anschaulich vorführen. — Beim Nichtgebrauch ist die Kartonscheibe vor Staub und Licht geschützt aufzubewahren.

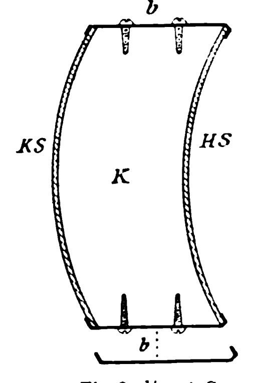


Fig. 3. 1/2 nat. Gr.

Dafs man mit einem ebenen Spiegel an diesem Apparat sehr bequem das Reflexionsgesetz demonstrieren kann, hat Rosenberg gezeigt (d. Zeitschr. *IX 22*), doch ist es besser, den Spiegel nicht an den Halbcylinder, sondern an einem passendem Stück Kork oder Holz zu befestigen, da der Glaskörper dabei leiden kann. Ebenso kann man cylindrische Spiegel verwenden (Fig. 3). Geschliffene sind sehr teuer, doch habe ich recht gute erhalten, indem ich aus dem dünnwandigen Glase, welches zum Bedecken von kleinen Tischuhren u. s. w. dient, von dem unteren, cylindrischen Teile, einen Ring von 2,5 cm Höhe abschneiden, in 3 Teile zerschneiden und, nach dem Abschleifen der Ränder, versilbern liefs. Meine Spiegel haben einen Krümmungsradius von ca. 8 cm, die Apertur beträgt etwa ebensoviel. Der Hohlspiegel zeigt sehr schön die Katakaustik und — besonders deutlich auf der

[3]) Diese auf der Glasscheibe angebrachten Linien sind sehr wichtig, da man nur mit ihrer Hülfe eine durch Zufall verdorbene, aufgeklebte Scheibe durch eine andere ersetzen, d. h. diese richtig zentrieren kann.

photographischen Aufnahme[4]) — die Brennlinien zweiter Ordnung. Zur Bequemlichkeit kann man den Hohlspiegel mit dem Convexspiegel zusammen an einem Kork- oder Holzstück befestigen (Fig. 2), indem man an den Seiten passend gebogene Streifen aus dünnem Blech anschraubt. Das Einstellen der Glaskörper geschieht am leichtesten wenn man die Glasscheibe vom Gestell abnimmt, mit der Rückseite in horizontaler Lage auf den Tisch stützt und sanft drückt, bis der Bügel genügend weit vorgeschoben ist. Hat der Glaskörper die richtige Lage, so hebt man die Scheibe (immer in horizontaler Stellung) langsam auf. Man fasse dabei die Glasscheibe nur am unbelegten Rande.

Um die doppelte Knickung des Lichtstrahles in einem Körper mit planparallelen Begrenzungsflächen zu zeigen, kann man sich eines Glaswürfels bedienen, doch ist ein Glaskörper von der Form Fig. 4 vorzuziehen (Dicke 20—25 mm). Man kann hier den Strahl recht schief auffallen lassen, wodurch die Parallelverschiebung des austretenden Strahles stärker wird. Bei diesem Versuche lasse man den eintretenden Strahl entlang der Linie *a a* Fig. 1 gleiten und stelle den Glaskörper schief ein, sodafs die Verschiebung ein Maximum wird. Dieser Glaskörper leistet auch als Prisma von 45° und 60° gute Dienste. Aus Flintglas hergestellt ist er zwar bedeutend teurer, erspart aber ein Extraprisma.

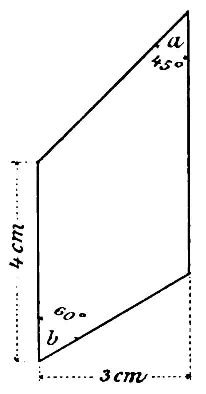
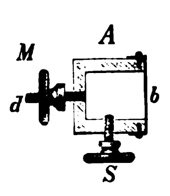


Fig. 4. 2/3 nat. Gr.

Die Gitter, welche bei verschiedenen Versuchen gebraucht werden, liefern die Mechaniker aus geschwärztem Blech, doch kann man sie sich auch leicht aus schwarzem Bristolkarton selbst herstellen. Der Halter für den verstellbaren Spalt (*A* Fig. 5) hat einen Dorn (*d*) mit einer Schraubenmutter *M*. Löst man diese, so kann man die Gitter leicht aufsetzen, indem man den Ausschnitt *a* (s. *B* u. *C* Fig. 5) über den Dorn schiebt und die Mutter anzieht. Der Bügel *b* (Fig. 5, *A*) ist aus schmalem Stahlblech verfertigt und an den beiden umgebogenen Enden angeschraubt. Er gestattet eine kleine Neigung des Halters, wodurch die Einstellung des Spaltes oder der Gitter bequemer ist, da man sehr kleine Verschiebungen der Lichtlinie vornehmen kann.



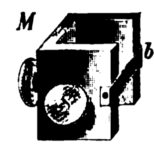


Fig. 5 A.

Ich verwende hauptsächlich 2 Gitter. Das eine (*B*, Fig. 5) hat 9 Spalten von 40 mm Länge und 4 mm Höhe. Die Lücken sind ebenfalls je 4 mm hoch. Der Diaphragmenschirm (d. Zeitschr. *IX S. 21*, Fig. 2) hat oben eine Öffnung von 10 cm Höhe. Vermittelst der Schieber lassen sich leicht die etwa störenden Spalten des Gitters abblenden. Das zweite Gitter (*C*, Fig. 5) hat eine Spalthöhe von 3 mm. Es dient zum Nachweis der stärkeren Brechung der Randstrahlen an Linsen und leistet auch beim Hohlspiegel gute Dienste. Der Abstand der

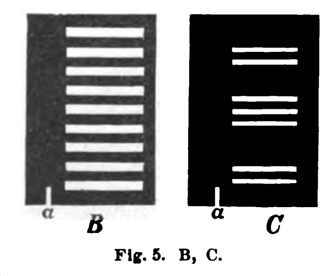


Fig. 5. B, C.

---

[4]) Da die reflektierten Strahlen lichtschwächer sind, als die direkt auffallenden, so mufs man bei der photographischen Aufnahme den Diaphragmenschirm (d. Z. IX 21, Fig. 2), dessen obere Schieber natürlich genügend weit zurückgeschoben sind, anfangs so stellen, dafs nur die reflektierten Strahlen das Papier streifen. Nachdem man 1/2 Min. exponiert hat, schiebt man den Schirm weiter zurück, dafs auch die direkten Strahlen vom Gitter die Papierfläche treffen, und exponiert noch 1 Minute, Sonnenschein und ein nicht verdunkeltes Zimmer vorausgesetzt. (Objektiv: Anastigmat von Zeiss, $f = 170$ mm, Diaphragma 10 mm).

äufseren Spalten von den mittleren richtet sich natürlich nach der Gröfse der Linsen, resp. des Hohlspiegels. Ein drittes Gitter, das besonders gut die Katakaustik zeigt (s. o.), hat 21 Spalten von je 2 mm Höhe (gleich den Lücken) und 40 mm Länge.

Dieser Reflexions- und Lichtbrechungs-Apparat wird hergestellt und auch einzelne Teile werden geliefert von Ferdinand Ernecke (Berlin), Max Kohl, sowie G. Lorenz (Chemnitz), E. Leybold's Nachfolger (Köln a. Rh.), Johann Urlaub (St. Petersburg) und Tryndin & Söhne (Moskau)[5].

Der Schwefelkohlenstoff im physikalischen und chemischen Experimentalunterricht.

Von

Prof. **Friedrich Brandstätter** in Pilsen.

Der Schwefelkohlenstoff spielt im Experimentalunterricht der Physik und Chemie eine grofse Rolle. Die Reihe seiner merkwürdigen Eigenschaften bietet viele Gelegenheiten und Anknüpfungspunkte zur experimentellen Vorführung wichtiger physikalischer und chemischer Erscheinungen dar, die dann zur lehrreichen Erörterung allgemeiner Grundsätze der Naturlehre dienen können. Dabei lassen sich die meisten Versuche, zu denen das Studium des Schwefelkohlenstoffes Veranlassung giebt, mit einfachen Mitteln ausführen, und bei einiger Vorsicht und zweckdienlicher Anordnung werden auch die Gefahren seiner Handhabung, wie Giftigkeit, Feuergefährlichkeit u. dgl. auf das geringste Mafs beschränkt bleiben. Im Nachfolgenden soll eine kurze Anleitung zu den wichtigsten Versuchen mit Schwefelkohlenstoff gegeben werden.

1. Glanz und Lichtbrechungsvermögen des Schwefelkohlenstoffs. Beide sind bekanntlich von aufsergewöhnlicher Stärke. Schon bei blofser Betrachtung einer mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Flasche neben einer mit Wasser gefüllten kann der Schüler den grofsen Unterschied merken und an den lebhaften, regenbogenfarbigen Reflexen, welche jene an vielen Stellen zeigt, das mit der starken Brechung einhergehende hohe Zerstreuungsvermögen des Schwefelkohlenstoffes für Lichtstrahlen erkennen. Einfach und überzeugend wird dies im Vergleich mit Wasser viel bedeutendere Lichtbrechungsvermögen des Schwefelkohlenstoffs in folgender Weise festgestellt. Man nehme zwei gleich grofse und gleich geformte cylindrische Fläschchen, am einfachsten farblose Medicingläser, die etwa 35 mm Durchmesser und bis zum Halse 65 mm Höhe haben, also beiläufig 50 ccm Rauminhalt fassen. An eine Stelle der möglichst genau cylindrischen Seitenwand beider Fläschchen, gleich weit von Hals und Boden entfernt, klebe man je ein gleich grofses, aus schwarzem Glanzpapier sorgfältig ausgeschnittenes Kreuz, dessen Form und Gröfsenverhältnisse in Fig. 1 angedeutet sind, so auf, dafs der 2 mm breite Schenkel vertikal, also in der Richtung der Flaschenachse, der 4 mm breite Schenkel horizontal, also quer zur Wölbung gerichtet ist. Nun wird die eine Flasche mit destilliertem Wasser, die andere mit Schwefelkohlenstoff gefüllt und die Kreuze durch die Flüssigkeitsschichten gegen das Licht zu, 15 cm vom Auge entfernt, betrachtet. Da sich infolge der Wölbung die Lichtbrechung nur in horizontaler Richtung für das Auge bemerkbar macht, wird der

[5]) Der Preis des Apparates stellt sich nach dem neuesten Verzeichnis von Max Kohl mit allen genannten Utensilien auf M. 180, und, einfacher zusammengestellt, auf M. 120 (mit nur 2 Diaphragmen, ohne Cylinder-Linsen und -Spiegel, sowie ohne den Glaskörper (Fig. 4), aber mit 2 Halbcylindern (einem massiven und einem hohlen), nebst Prisma, Würfel und Planspiegel).



vertikale Arm des Kreuzes zwar von gleicher Länge, aber verbreitert, der horizontale Arm gleichbreit, aber in der Querrichtung verlängert erscheinen. Die entsprechenden Änderungen sind beim Schwefelkohlenstoff auffallend gröfser — beim Einhalten der angegebenen Gröfsenverhältnisse doppelt so stark — als beim Wasser. Der 2 mm breite Längsarm des Kreuzes wird durch die Brechung der Lichtstrahlen im Wasser 4 mm, so breit wie der in seiner Breite unverändert gebliebene Querarm, durch jene im Schwefelkohlenstoff 8 mm, also doppelt so breit wie der Querarm. Dementsprechend verlängert sich auch dieser in horizontaler Richtung mehr oder minder. Die Figuren 2 und 3 zeigen die so gewonnenen Ansichten der Kreuze, wobei

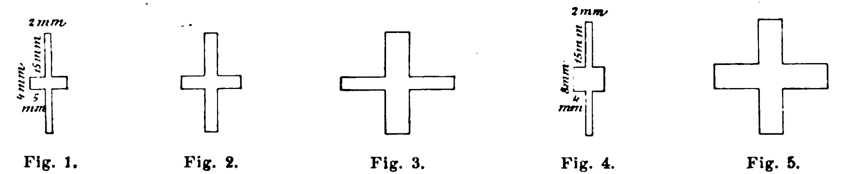
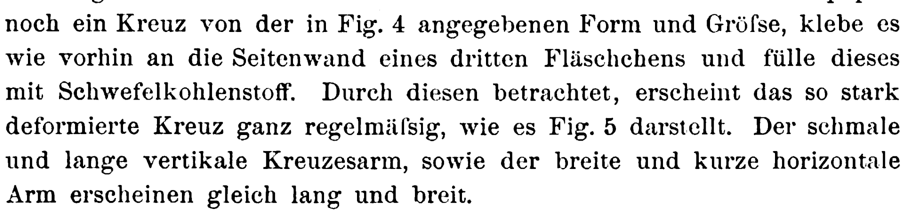


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

der Schüler durch bequemen Vergleich die entsprechenden, durch die Brechung in beiden Flüssigkeiten hervorgerufenen Gröfsenänderungen abschätzen lernt. Ich empfehle noch folgenden Versuch. Man schneide aus dem schwarzen Glanzpapier noch ein Kreuz von der in Fig. 4 angegebenen Form und Gröfse, klebe es wie vorhin an die Seitenwand eines dritten Fläschchens und fülle dieses mit Schwefelkohlenstoff. Durch diesen betrachtet, erscheint das so stark deformierte Kreuz ganz regelmäfsig, wie es Fig. 5 darstellt. Der schmale und lange vertikale Kreuzesarm, sowie der breite und kurze horizontale Arm erscheinen gleich lang und breit.



Dafs man den Schwefelkohlenstoff wegen seines starken Lichtbrechungsvermögens zum Füllen optischer Prismen benutzt, ist bekannt.

2. Unlöslichkeit im Wasser, Dichte und Dichtenbestimmung des Schwefelkohlenstoffs. Da der Schwefelkohlenstoff im Wasser so gut wie unlöslich ist und eine gröfsere Dichte (1,27) als Wasser besitzt, so nimmt er neben diesem im Probierglase — durch Rotfärbung mit Jod besser kenntlich gemacht — nach dem Schütteln stets die tiefste Stelle ein. Seine Dichte wird experimentell sehr einfach und für den Unterrichtszweck hinreichend genau in folgender Art bestimmt: Ein U-förmig gekrümmtes Glasrohr von 60—70 cm Gesamtlänge und 5 mm Weite wird etwa zur Hälfte mit durch eine Spur Jod rotgefärbtem Schwefelkohlenstoff gefüllt. Dieser steht in beiden Schenkeln des Rohres gleich hoch. Nun wird in einem der Schenkel destilliertes Wasser mittels Spritzflasche so lange zugegeben, bis das Niveau desselben nahe an das Schenkelende reicht. Der Schwefelkohlenstoff steigt im zweiten Rohrschenkel natürlich nicht so hoch wie das Wasser im ersten, und beide Höhenmarken werden mit Hülfe eines angelegten Mafsstabes (gewöhnlichen Centimeterstabes) von der ziemlich tief unten sich befindlichen Berührungsfläche beider Flüssigkeiten abgemessen. Die Entfernungen werden stets von der Wölbung des Meniskus an gerechnet (Fig. 6). Man findet dann beispielsweise, dafs eine Säule von 18 cm Schwefelkohlenstoff einer solchen von 23 cm Wasser das Gleichgewicht hält. Es verhalten sich somit:

Fig. 6.

d (Dichte des Wassers = 1) : D (Dichte des Schwefelkohlenstoffs) = 18 : 23,

woraus $D = \frac{23}{18} = 1{,}27$ berechnet wird.



In ähnlicher Weise könnten die Dichtenbestimmungen anderer leichterer oder schwerer Flüssigkeiten, die mit Wasser nicht mischbar sind, wie von Benzin, Chloroform, Benzol u. s. f. vorgenommen werden.

3. Lösungsvermögen des Schwefelkohlenstoffs. Man begnügt sich im Unterrichte, Lösungen von Jod, Schwefel, Phosphor, irgend einem Fett und Kautschuk im Probierglase herzustellen. Die rotviolette Jodlösung giebt, auf der Porzellanschale verdunstet, kleine Jodkryställchen (Beispiel einer physikalischen Lösung). Die Anwendung der charakteristisch gefärbten Jodlösung zum Nachweise von Jod in Jodiden und indirekt zum Nachweise von freiem Chlor oder Brom ist bekannt. Erzeugen von Schwefelkrystallen durch langsames Verdunsten gesättigter Lösungen von Schwefel in Schwefelkohlenstoff. Selbstentflammen eines in die Phosphorlösung getauchten Filterpapierstreifens nach dem Verdunsten des Lösungsmittels (Erfurter Feuerzeuge vom Jahre 1823). Eine Lösung von fettem Öl, z. B. Mandelöl in Schwefelkohlenstoff oder die beim Schüttteln des letzteren mit zerstofsenem Mohn- oder Leinsamen erhaltene Fettlösung hinterläfst, auf Filterpapier getropft, nach dem raschen Verdunsten des Lösungsmittels einen bleibenden Fettfleck. Parallelversuch mit reinem Schwefelkohlenstoff. Ein 5 mm langes Stückchen eines federkieldicken, schwarzen Kautschukschlauches wird im Probierglase mit etwas Schwefelkohlenstoff übergossen, dieses verkorkt und öfter geschüttelt. Bald ist die starke Quellung des Schlauchstückes wahrzunehmen. Die Lösung erfolgt hier nur langsam und teilweise. Wird nach einiger Zeit (in der nächsten Unterrichtsstunde) der Schwefelkohlenstoff auf ein Porzellanschälchen gegossen, so hinterbleibt nach seinem Verdunsten die gelöste Kautschukmasse als dünnes, elastisches Häutchen.

4. Rasche Verdunstung und Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs. Eine ebenso schnelle als bequeme Art, die infolge der raschen Verdunstung des Schwefelkohlenstoffes auftretende bedeutende Temperaturerniedrigung zu zeigen, ist die folgende. Man stecke die Kugel eines an einem $^1/_2$ bis 1 m langen Faden hängenden Thermometers in ein walnufsgrofses Stück Badeschwamm, tränke diesen mit etwas Schwefelkohlenstoff und versetze das — vielleicht am Gasarm über dem Experimentiertische — frei herabhängende Thermometer in Pendelschwingungen. Die Quecksilbersäule sinkt im Verlaufe von 4—5 Minuten von etwa 20° C. auf —10° C., wobei sich der Schwamm an seiner Oberfläche mit zierlichen, schneeweifsen Reifbildungen durch Niederschlagen der Luftfeuchtigkeit bedeckt.

Leitet man durch eine kleine Menge (10 ccm) Schwefelkohlenstoff, die sich in einem Probierglase mit im dreifach durchbohrten Stopfen befestigtem Thermometer, Ein- und Ausführungsrohr, befindet, einen Luftstrom, oder saugt vorteilhafter einen solchen mittels der Wasserstrahl-Luftpumpe durch die Flüssigkeit, so sinkt ihre Temperatur sehr rasch um mehr als 30°, bis der Schwefelkohlenstoff zuletzt durch Gefrieren mitgerissener Luftfeuchtigkeit trübe wird und das eintauchende Lufteinströmungsrohr verstopft ist.

Ein hoher, oben mit Stopfen verschliefsbarer Mefscylinder, der 250 ccm Rauminhalt hat, wird mit 50 ccm Schwefelkohlenstoff gefüllt, ein Probiergläschen von 15 cm Länge und 15 mm Weite, in dem sich 10 ccm Wasser befinden, mittels Fadens bis zum Boden des Mefscylinders eingesenkt und dieser endlich mit zweifach durchbohrtem Stopfen verschlossen, der ein gerades, mindestens 8 mm weites, bis zum Boden reichendes, sowie ein kurzes, rechtwinkelig gebogenes Glasrohr enthält. Dieses nun wird durch einen Schlauch mit der Wasserstrahl-Luftpumpe verbunden und so ein kräftiger Luftstrom durch den Schwefelkohlenstoff gesogen. Um ein etwaiges durch



Erschütterung des Probiergläschens bewirktes Durchschlagen seines Bodens zu vermeiden, ist es zweckmäfsig, den Boden des Mefscylinders mit einem kleinen Schwammstückchen zu belegen. Die Temperatur des Schwefelkohlenstoffes sinkt rasch auf —5 bis —10° C. (was eventuell durch ein in einer dritten Bohrung des Stopfens eingesenktes Thermometer sichtbar gemacht werden kann), und nach 5, spätestens 10 Minuten ist bei den angegebenen Gröfsenverhältnissen das Wasser des Probegläschens zu einem kleinen Eiscylinder gefroren, der nun samt dem herausgezogenen Probeglase herumgereicht werden kann. Da sich bei diesem Versuche durch Gefrieren der mitgerissenen Luftfeuchtigkeit im geraden Glasrohre zuweilen Verstopfungen einstellen, werden diese mit einem zu diesem Zweck bereit gehaltenen Stäbchen, welches man durch das Glasrohr einführt, leicht beseitigt. Eine Belästigung durch die Schwefelkohlenstoffdämpfe ist, da diese mit dem Wasser der Strahlpumpe sofort in den Abflufs gelangen, vollkommen ausgeschlossen. Bei diesem Versuch läfst sich auch die Vergröfserung des Wasservolumens beim Gefrieren durch entsprechende Markierung an der Probeglaswand feststellen.

5. Eigenschwere des Schwefelkohlenstoffdampfes. Dafs der Schwefelkohlenstoffdampf eine gröfsere Eigenschwere als die Luft besitzt — die Dampfdichte beträgt nach Gay-Lussac 2,64 —, kann in der Weise bewiesen werden, die ich in dem Aufsatze: Chemische Schulversuche (*d. Zeitschr. X 140*) für den Ätherdampf beschrieben habe. Das mit Schwefelkohlenstoff getränkte nufsgrofse Schwammstückchen wird in den Trichter eines einfachen, in vertikaler Lage befestigten Trichterrohres gesteckt, dessen unteres Rohrende nach oben gebogen ist und alsbald die vermöge ihrer Schwere herabfallenden und ausströmenden Schwefelkohlenstoffdämpfe entzünden läfst. Da man auch auf einer halbwegs empfindlichen Wage, auf deren einer Schale ein leeres, $^1/_4$ bis $^1/_2$ Liter fassendes Becherglas tariert ist, durch Eingiefsen des in einem mit Glasplatte bedeckten Cylinder aus wenigen Tropfen Schwefelkohlenstoff durch Herumschwenken gebildeten Dampfes einen deutlichen Ausschlag bekommt, läfst sich auch dies Verfahren zum Nachweis der bedeutenden Eigenschwere dieses Dampfes benutzen.

6. Niederer Siedepunkt des Schwefelkohlenstoffes. Der Siedepunkt des Schwefelkohlenstoffes liegt, normalen Luftdruck vorausgesetzt, bei 46,6° C. Man kann sich im Mittelschulunterricht statt einer genauen Siedepunktsbestimmung damit begnügen, die im Verhältnis zu Wasser so niedrig gelegene Siedetemperatur in folgender Weise zu kennzeichnen. In ein Probeglas wird eine Menge von 5 ccm Schwefelkohlenstoff gegossen und darüber die doppelte oder dreifache Menge von in einem zweiten Probeglas nahe zum Sieden erhitzten Wassers. Sofort gerät auch der Schwefelkohlenstoff in lebhaftes Kochen, und seine in der Wasserschicht aufsteigenden Dämpfe sind nun so lange zu bemerken, bis entweder der gesamte Schwefelkohlenstoff verdampft oder die Temperatur des Wassers bis nahe zum Siedepunkt des ersteren herabgesunken ist. Es läfst sich hier auch die Abhängigkeit des Siedepunktes von der Gröfse des auf der Flüssigkeit lastenden Druckes, also auch des Luftdruckes einfach nachweisen. Wiederholt man nämlich den eben angeführten Versuch und verschliefst nach dem Eingiefsen des heifsen Wassers das Probeglas mit einem Kautschukstopfen, so hört das Sieden des Schwefelkohlenstoffes trotz der hohen Temperatur alsbald auf, um nach der Wegnahme des Stopfens sofort wieder lebhaft zu beginnen. Endlich kann man auch zeigen, dafs der Schwefelkohlenstoff unter entsprechend vermindertem Luftdruck schon bei gewöhnlicher Temperatur zu sieden beginnt. Man giefst in ein Probeglas 5 ccm Schwefelkohlenstoff, schichtet darüber 10 ccm Wasser



von gewöhnlicher Temperatur und verschliefst es mit einem einmal durchbohrten Kautschukstopfen, der ein kurzes, rechtwinkelig gebogenes Glasrohr trägt, das man mit der Wasserstrahl-Luftpumpe verbindet. Sobald diese in Thätigkeit tritt, beginnt der Schwefelkohlenstoff sehr lebhaft zu sieden, und seine in der Wasserschicht aufwirbelnden Dämpfe lassen die Erscheinung weithin sichtbar werden.

7. Niedere Entzündungstemperatur des Schwefelkohlenstoffes. Man pflegt gewöhnlich etwas Schwefelkohlenstoff aus einem Probierglase auf einen erhitzten Löffel zu giefsen, wonach sofortige Entflammung eintritt. Noch einfacher ist die Methode, die auf einem Porzellanschälchen befindliche kleine Schwefelkohlenstoffmenge mit einem an der Flamme mäfsig heifsgemachten Glasstab oder einer Stricknadel zu berühren, um sofortige Entzündung zu bewirken. Benutzt man bei diesem Versuch statt eines Glasstabes ein für höhere Temperaturmessungen eingerichtetes Thermometer, erhitzt vorsichtig das untere Ende an der Weingeist- oder Gasflamme auf 230—240° und berührt damit die Oberfläche des im Schälchen befindlichen Schwefelkohlenstoffs, so gelangt dieser sofort zur Entzündung. Ebenso geschieht dies bei Berührung mit einem glimmenden Span oder einer glimmenden Sprengkohle, die sonst von den anderen leichtentzündlichen Flüssigkeiten, wie Benzin oder selbst Äther verlöscht werden. Man kann sich, dieser leichten Entzündlichkeit halber, beim pneumatischen Feuerzeug eines mit Schwefelkohlenstoff getränkten kleinen Schwammstückchens an Stelle des Feuerschwammes bedienen, ohne ein Versagen des Apparates befürchten zu müssen.

8. Explosivität des mit Luft oder Sauerstoff gemischten Schwefelkohlenstoffdampfes. Die gewöhnliche Methode, das im Standcylinder oder in einer Glasglocke befindliche Gasgemisch durch Entzündung an einer Flamme zur Explosion zu bringen, mufs besonders bei Anwendung von Sauerstoff statt Luft mit grofser Vorsicht ausgeführt werden. Ganz gefahrlos zeigt man die Verpuffung, wenn man den durch etwas Schwefelkohlenstoff geleiteten Sauerstoffstrom in Seifenwasser leitet und dem hierdurch entstandenen Blasenschaum die Flamme eines Kerzchens nähert, wobei sofort die Entzündung des Gasgemisches mit betäubendem Knalle erfolgt (siehe den Aufsatz: Chemische Schulversuche, *d. Zeitschr. X, Heft 3*).

9. Verbrennungsprodukte des Schwefelkohlenstoffes. Nachweis des Kohlenstoffes und Schwefels. Die Verbrennungsprodukte des Schwefelkohlenstoffes sind bei genügendem Luftzutritt Schwefeldioxyd und Kohlendioxyd nach der Gleichung

$$CS_2 + 3\,O_2 = CO_2 + 2\,SO_2.$$

Bei gehindertem Luftzutritt, etwa durch Verbrennung seines Dampfes im Probeglas oder Standcylinder, wird ein Theil des Schwefels an der Glaswand als feiner gelber Anflug abgeschieden. Ein Porzellanschälchen, an das nach 5 erhaltene Schwefelkohlenstoffflämmchen gehalten, beschlägt sich ebenso mit einer gelben Schwefelschicht. Das bei der Verbrennung von Schwefelkohlenstoff gebildete Schwefeldioxyd läfst sich durch die üblichen Reagentien nachweisen (Geruch, Röten und späteres Bleichen von blauem Lackmuspapier, Schwärzung eines mit Mercuronitrat und Bläuung eines mit einem Gemisch von Ferrichlorid und Kaliumferricyanid getränkten Filterpapierstreifens, den man in die Nähe der Flamme hält). Schwieriger läfst sich das Kohlendioxyd (durch die Trübung von Kalkwasser) neben dem Schwefeldioxyd feststellen, da dieses die Reaktion beeinträchtigt. Dafür wird ein sehr lehrreicher Nachweis des Kohlenstoffs durch seine direkte Abscheidung aus Schwefelkohlenstoff auf folgende Art erbracht. Man leite einen aus dem constanten Gasentwickler entbundenen, reinen

Wasserstoffstrom durch etwas Schwefelkohlenstoff, der sich in einem kleinen, 15 ccm fassenden, mit Zu- und Ableitungsrohr versehenen Pulverglas befindet, und den so mit Schwefelkohlenstoffdampf beladenen Gasstrom durch eine horizontal gehaltene, 20 cm lange und 1 cm weite Röhre aus schwer schmelzbarem Glase, in deren Mitte ein erbsengrofses Stück reines Natrium liegt. Der Gasstrom kann nach seinem Durchgange durch die erwähnte Röhre in ein vertikal gehaltenes, mit Platinspitze versehenes Glasrohr geleitet und oben entzündet werden. Er brennt mit blauer Flamme. Nun erhitzt man das Natrium mittels einer Spiritus- oder Gasflamme. Es schmilzt und vereinigt sich unter lebhafter Feuererscheinung mit dem Schwefel des Schwefelkohlenstoffes zu Natriumsulfid, während der Kohlenstoff abgeschieden wird und die Flamme oben an der Platinspitze von mitgeführtem Natrium intensiv gelb gefärbt erscheint. Nach Beendigung des Versuches und Erkalten der Glasröhre wird aus dieser die schwarze poröse Masse in ein Porzellanschälchen gebracht und mit verdünnter Salzsäure übergossen. Das Natriumsulfid wird sofort unter lebhafter Entwickelung von Schwefelwasserstoff gelöst, während der Kohlenstoff in Form von rufsähnlichen Flocken zurückbleibt, die abfiltriert, gewaschen und getrocknet werden können. Der Versuch ist ganz gefahrlos und bietet als qualitativ-analytischer Nachweis der beiden Bestandteile des Schwefelkohlenstoffes und im Vergleiche zur ähnlichen Zersetzung des Kohlendioxyds durch Natrium viel Interesse.

10. Schwefelkohlenstoff und Stickoxyd. Das unter Entwickelung eines blendenden und chemisch sehr wirksame Strahlen aussendenden Lichtes ruhig abbrennende Gemisch von Stickoxyd und Schwefelkohlenstoffdampf wird gewöhnlich im Standcylinder bereitet, den man zuerst unter Wasser mit jenem Gase füllt und dann etwas eingegossenen Schwefelkohlenstoff unter Herumschwenken darin verdunsten läfst. Im IX. Jahrgang dieser Zeitschrift S. 172 habe ich eine sehr einfache Vorrichtung beschrieben, mit der man das für photographische Zwecke verwendbare Schwefelkohlenstoff-Stickoxydgas-Licht nach Art der Sellschen Lampe, aber völlig gefahrlos, erzeugen und verwenden kann.

Einige Bemerkungen zur Dimensionslehre.

Von

H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

Gegenüber den Einwürfen, die Herrn Prof. Pietzker auf seinen Artikel „Über die Tragweite der Lehre von den physikalischen Dimensionen“ (*Unterrichtsbl. f. Math. u. Nat. IV 66*) gemacht worden sind, verteidigt derselbe seine Ansicht besonders in einer längeren Ausführung über „Homogeneïtät in physikalischen Gleichungen“ (*d. Zeitschr. XII 208*) und sucht jene Ausstellungen zum Teil auf irrtümliche Auffassung seiner Darlegungen zurückzuführen. Für meinen kurzen Artikel in den Unterrichtsbl. (*V 33*), der übrigens schon lange vor dem Erscheinen des Höfler'schen (*d. Zeitschr. XII 14*) eingesandt war und daher auf denselben nicht Bezug nehmen konnte, kann ich dies nicht einmal zugeben. Pietzker sagt ausdrücklich (*Ubl. IV 67*): „Ich will mich dabei nicht weiter daran stofsen, dafs ... noch ganz andere Formen der Abhängigkeit denkbar sind“. Damit werden doch solche dimensionslose Faktoren, wie der, der die Abhängigkeit der Schwingungszeit des Pendels von der Schwingungsweite, das heifst einer Winkelgröfse ausdrückt, oder $\log \frac{B}{\beta}$ für die barometrische Höhenformel u.s.w. von der Diskussion ausgeschlossen. Selbstverständlich können dimensionslose Faktoren durch Vergleichung der Dimensionen nicht ermittelt werden. Ein weiteres Eingehen darauf hätte für die vorliegende Frage keinen Nutzen.



Zwei Irrtümer sind es, auf die sich Pietzkers Angriffe gegen das CZOGLERsche Verfahren stützen. Er unterscheidet nicht zwischen Mafszahlen und dimensionslosen Zahlen. Freilich sind die in eine physikalische Gleichung eingehenden Zahlen als Mafszahlen Verhältniszahlen, sie drücken das Verhältnis der vorliegenden Gröfse zur gewählten Einheit aus, aber sie müssen sofort geändert werden, wenn man diese Einheiten ändert, sie haben also ihre Dimensionen als unverlöschlichen „Stempel ihres Ursprunges" beibehalten. Dimension bedeutet auch nach Pietzkers Ansicht zum mindesten eine gewisse Rechenvorschrift und dieser können doch auch unbenannte Zahlen unterliegen. Deutlich geht PIETZKERS Auffassung aus seinen Worten (*d. Zeitschr. XIII 218, 219*) hervor, „der Faktor l, mit dem multipliziert ist, kann gar nicht als Länge betrachtet werden, er ist vielmehr ein dimensionsloses Längenverhältnis. Ebenso steht es mit der Gröfse t .... Der Faktor l/t ist eine dimensionslose Gröfse." l hat als Verhältnis der in Betracht kommenden Länge zur Längeneinheit die Dimension L, das heifst, die Zahl mufs verzehnfacht werden, wenn statt cm mm als Einheit gewählt wird. Jenen Faktor künstlich dimensionslos zu machen, geht aber erst recht nicht an, weder in diesem besonderen Falle, noch sonst irgendwo; dann hörte schliefslich jedes Mafssystem, nicht blofs das absolute auf. Wir legen doch den physikalischen Gröfsen nicht ganz willkürlich irgendwie eine beliebige Dimension bei.

Der zweite Irrtum liegt in der Bedeutung, die Pietzker den physikalischen Gleichungen zuerteilt. Er sagt: „Einzig und allein aus der Vergleichung mehrerer, aber dabei gleichartiger Fälle stammt unsere ganze Kenntnis physikalischer Gesetze ... Man ist lediglich berechtigt, die Gleichung $\left(\frac{A}{\alpha}\right) = \left(\frac{B}{\beta}\right)^x \cdot \left(\frac{C}{\gamma}\right)^y$ ... anzusetzen." Dann wäre $\frac{A}{\alpha}$ allerdings eine dimensionslose Zahl und wenn alle in die Rechnung eingehenden Zahlen von dieser Art wären, dann gäbe es in den physikalischen Gleichungen überhaupt keine Dimensionen. Die Zahlen, die wir in die Gleichung einsetzen, sind das Verhältnis der betreffenden Gröfse zur Einheit; die Einheiten aber sind gewöhnlich nicht zu einander gehörige Gröfsen für einen bestimmten physikalischen Vorgang. Z. B. gehört zur Pendellänge 1 und der Beschleunigung 1 nicht die Zeit 1, sondern 2π. Unsere Kenntnis physikalischer Gesetze stammt gerade zu grofsem Teil aus der Vergleichung nicht gleichartiger Fälle. Ich erinnere an die Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus durch Gaufs. Das Verhältnis der Intensitäten an verschiedenen Orten liefs sich durch die Schwingungsmethode allein ermitteln, dasselbe hätten Ablenkungsversuche geleistet, erst die Combination beider gewifs heterogener Experimente liefert die Messung in absolutem Mafse.

Herr Pietzker will nun freilich den Zwischensatz (*Ubl. IV, 4, S. 67*) „Wendet man ... an" als eine Beschränkung des Satzes auf den besonderen vorliegenden Fall gedeutet wissen. Dann müfste er aber die Berechtigung der CZOGLERschen Herleitung für andere Fälle, soweit der multiplikative Typus der Gleichungen reicht, z. B. für die einfache Pendelformel zugeben. Indessen auch bei der Beschränkung auf jene Formel für die schwingende Saite ist der Satz nicht richtig. Für einen Bewegungsvorgang ist es ganz gleichgiltig, woher die Kraft stammt, ob von der Schwere oder der Elastizität, es kommt einzig und allein auf die Gröfse der Kraft, auf das Kraftgesetz an. Daher rührt die Übereinstimmung der Pendelschwingung (für unendlich kleine Amplitude) mit der elastischen Schwingung.

Jede Bewegung in Folge von Kraftwirkungen, auch elastischen, kann man mit einander vergleichen, da sie alle den allgemeinen Differentialgleichungen der Bewegung genügen müssen. Jene Czoglersche Herleitung ist nichts als eine Anwendung der Gleichung der lebendigen Kraft $\frac{m}{2} v^2 = Fs$ oder $v = \sqrt{\frac{2Fs}{m}}$ für einen Massenpunkt und für eine hinreichend kleine Zeit. Bei unveränderter Amplitude, d. h. dem Verhältnisse von Ausweichung zur Saitenlänge zieht Verdoppelung der Geschwindigkeit jedes Massenpunktes die Verdoppelung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach sich, letztere ist der Mafsstab für die erstere; ebenso ist die ganze Masse der Mafsstab für die Masse jeden Teilchens und das Zuggewicht der Mafsstab der Kraft. Daraus folgt dann sofort der betreffende Satz. Dafs hierin ein

Taschenspielerkunststück läge, wie Herr Schreber meint, kann ich nicht finden. Das erhaltene Resultat ist doch kaum mehr als eine Orientierung über die Bedeutung der in Betracht kommenden Gröfsen für den Vorgang. Man beachte, dafs jenes rein formelle Verfahren voraussetzt, dafs man auch alle mafsgebenden Gröfsen verwende.

Dafs jene Geschwindigkeit gar nicht eine eigentliche, d. h. die eines Massenpunktes ist, ist doch ebenso gleichgültig, wie dafs die Pendellänge kein Fallraum ist. Das Eigentümliche der elastischen Schwingungen, die Unabhängigkeit von der Amplitude, wird aber dabei gar nicht berührt.

Dafs die Gleichungen nach den Grundgröfsen homogen sein müssen, ist zweifellos, es fragt sich nur, ob nicht diese Eigenschaft unter Umständen erst dadurch erreicht wird, dafs man der Proportionalitätsconstante eine Dimension und darnach bei Veränderung der Einheiten verschiedene Werte beilegt. Schreber glaubt ein solches Beispiel in der kapillaren Steighöhe $h = \frac{2\alpha}{s \cdot r} = \frac{a^2}{r}$ (*d. Zeitschr. XII 139*) gefunden zu haben. Bekanntlich steckt aber in α die Oberflächenspannung (gr sec^{-2}) und diese machte die Gleichung homogen. Dann ist auch das Czoglersche Verfahren anwendbar und bedeutet nichts weiter als Kraft = Last.

Es läfst sich aber nun allgemein nachweisen, dafs solche dimensionierte Proportionalitätsconstanten in einem folgerichtig durchgeführten vollständigen absoluten Mafssystem nicht vorkommen können. Eine physikalische Gröfse ist eine Gröfse, die unter veränderten physikalischen Bedingungen andere Werte annimmt. Das Wesentliche des absoluten Mafssystems ist nun, dafs so wenig wie möglich Grundeinheiten genommen werden und dafs die Einheit einer jeden neu auftretenden Gröfse aus der sie vollständig bestimmenden Gleichung so festgesetzt wird, dafs die Proportionalitätsconstante dimensionslos (für gewöhnlich gleich 1) ist. Dadurch ist jede Willkür bei gegebenen Grundeinheiten für die Dimensionierung einer Gröfse ausgeschlossen. Wird eine solche Gröfse noch durch eine andere Gleichung infolge einer andern Eigenschaft bestimmt, so tritt entweder das Spezifische dieser Wirkung als eine neue physikalische Gröfse noch hinzu, oder es vermindert sich die Zahl der Grundeinheiten um eine dadurch, dafs man den Proportionalitätsfaktor dimensionslos (= 1) setzt.

Ein sehr passendes Beispiel hierfür liefert das Gravitationsgesetz. Die Masse ist als träge, dem Angriff von Kräften unterliegende Masse von Gaufs als Grundeinheit eingeführt. In jenem Gesetze tritt nun die eine Masse als aktive, Kraft erzeugende Gröfse, also in neuer Eigenschaft auf. Wollte man den constanten Proportionalitätsfaktor dimensionslos (= 1) machen, so würde die Masse nicht mehr Grundeinheit sein, ihre Dimension würde sich aus $Fr^2 = m \,.\, m_1$ zu $L^{3/2}\ T^{-1}$ ergeben. Diese Festsetzung schlägt z. B. Bohn vor (*Wied. Ann. 18, 346; 1883*) und auch Gauss hat sie bei astronomischen Rechnungen benutzt. Man kann aber auch die Masse als Grundeinheit lassen und den Faktor f in $F = f\frac{m \,.\, m_1}{r^2}$, dessen Dimension $M^{-1}\ L^3\ T^{-2}$ ist, als die Durchlässigkeit des Äthers (und der Körper) für die Gravitationswirkungen auffassen. Dafs diese für alle Körper dieselbe ist, ist zwar bis jetzt Erfahrungsthatsache, aber gewifs nicht vonvorn herein selbstverständlich, wie besonders seine Analogie zur magnetischen Permeabilität zeigt. Ich glaube auch nicht, dafs diese Erwägung für die Beibehaltung der Masse als 3. Grundgröfse mafsgebend gewesen ist, sondern vielmehr die praktische Schwierigkeit in der Bestimmung jener abgeleiteten Einheit der Masse. Gleichwohl ist sie die Rechtfertigung dafür, weil wir sonst dem gebräuchlichen Mafssystem die Folgerichtigkeit absprechen müfsten.

Andere Mafssysteme kann man nur dadurch erhalten, dafs man andere Grundeinheiten annimmt. Wenn an Stelle der Masse die Dichtigkeit (D) eingeführt wird, so erhält z. B. die Arbeitsleistung (Effekt) $M L^2\ T^{-3}$ die Dimension $D\ L^5\ T^{-3}$, da $M = D\ L^3$ ist. Nimmt man als Längeneinheit dm statt cm, so wird die Einheit der Arbeitsleistung in dem einen Falle die 10^2 fache in dem andern die 10^5 fache. Darin liegt gar kein Widerspruch; die Messmethoden sind eben andere.



Praktische Gründe können die Verwendung eines unvollständigen Maſssystems rechtfertigen; solche Systeme darf man aber nicht mehr mit einander vergleichen. Ich kann in der Mechanik unter Umständen von der Masse absehen, wenn es sich nämlich nur um die Bewegung derselben Masse handelt, ebenso in einem andern Falle von der Dichtigkeit. Dann hat die Arbeitsleistung die Dimension $L^{-2}\,T^{-3}$ bezw. $L^5\,T^{-3}$, aber diese lassen sich nicht mehr vergleichen, oder vielmehr, man kann daraus nur die Beziehung zwischen den ausgelassenen Grundeinheiten $MD^{-1} = L^3$ ableiten.

Ganz so steht es nun mit der Beziehung zwischen dem elektromagnetischen und dem elektrostatischen Maſssystem. Das erstere fuſst auf dem Coulombschen Gesetz für Magnetismus, das vollständig heiſst: $F = \mu \cdot \frac{m \cdot m_1}{r^2}$. Darin ist μ keine Constante, sondern ganz zweifellos eine physikalische Gröſse, denn sie hat in den verschiedenen Medien verschiedene Werte, kann also überhaupt nicht durchweg gleich 1 gesetzt werden. Setzt man sie aber für Luft gleich 1, was thut man da anderes, als daſs man die Einheit dieser neu auftretenden physikalischen Gröſse willkürlich bestimmt, da man sie nicht auf die 3 anderen Grundeinheiten zurückführen kann? Ist das etwas anderes, als wenn man als Einheit der Dichtigkeit die des Wassers wählt? Unbenannte Zahlen — Maſszahlen — sind nun allerdings die in die Gleichungen einzusetzenden Werte für die Permeabilität, aber nicht dimensionslose.

Dasselbe gilt von dem Coulombschen Gesetze für Elektrostatik. Es ist, wenn e die wahre Elektrizitätsmenge bedeutet, $F = \frac{e \cdot e_1}{K r^2}$. Die Dielektrizitätsconstante K ist ganz zweifellos eine physikalische Gröſse, ganz wie die magnetische Permeabilität.

Da ferner Elektrizität und Magnetismus in dem bekannten Zusammenhange stehen, reduziert sich die Anzahl der Grundgröſsen von 5 auf 4. Behält man μ als Grundgröſse, so erhält man das elektromagnetische, wenn K gewählt wird, das elektrostatische Maſssystem. Beide verhalten sich zu einander ganz wie zwei mechanische Systeme mit M oder D als Grundgröſsen. Das sind keine Hypothesen oder Vorschläge, die angenommen oder verworfen werden können, sondern die Einführung einer dieser Gröſsen ist zwingende Notwendigkeit, wenn das Maſssystem vollständig durchgeführt werden soll. Der Übergang von dem einen System zum andern vollzieht sich dann, da z. B. die wahre Elektrizitätsmenge die Dimensionen $\mu^{-1/2} M^{1/2} L^{1/2}$ und $K^{1/2} M^{1/2} L^{3/2} T^{-1}$ hat, wie man leicht in der bekannten Weise ermittelt, durch die Beziehung $\mu^{-1/2} K^{-1/2} \equiv L T^{-1}$. Aus praktischen Gründen kann man nur K oder μ aus den Dimensionsformeln fortlassen, aber dann hat man zwei Maſssysteme, die nicht mehr mit einander vergleichbar sind, da sie unvollständig sind.

Statt μ oder K kann man auch irgend einen Ausdruck von der Form $\mu^p K^q$ auſser $\mu \cdot K$ als neue Grundgröſse einführen und so beliebig viele neue Maſssysteme construieren. Ein Vorteil kommt schwerlich dabei heraus.

Über die Bedeutung das Zahlenwertes von $\mu^{-1/2} K^{-1/2}$ habe ich mich schon in den Unterrichtsbl. ausgesprochen. Das Illusorische der Schreberschen Herleitung der Bedeutung jener Geschwindigkeit sowie das Vergebliche der Bemühungen Pietzkers, beide Systeme in Einklang zu bringen, folgt aus der Unvergleichbarkeit beider unvollständigen Systeme.

Noch auf einige besondere Punkte möchte ich kurz eingehen. Pietzker glaubt bei Maxwell einen logischen Widerspruch in Bezug auf das Zahlenverhältnis der verschiedenen Elektrizitätseinheiten entdeckt zu kaben. Er sagt (*d. Zeitschr. XII 221*): „durch jeden von zwei 1 cm langen und um 1 cm von einander abstehenden parallelen Leitern muſs pro Sekunde die Elektrizitätseinheit flieſsen, damit die Kraft = 1 Dyne ist. Weiſs man nun, daſs in einer Sekunde w Elektrizitätseinheiten innerhalb dieser 1 cm langen Strecke auftreten, so kann man schlieſsen, daſs die Elektrizität sich mit einer Geschwindigkeit von w ($= 42 \cdot 10^9$) cm pro Sekunde bewegen muſs. . . . . . Diese w elektrodynamischen Elektricitätseinheiten in dem einen Stromleiter würden dann auf w elektrodynamische Einheiten in dem andern



Stromleiter dieselbe Kraft (nämlich eine Dyne) ausüben, die eine einzige elektrostatische Einheit auf eine zweite solche Einheit ausübt."

Dagegen ist zu erwidern: 1. Wenn die Stromstärke 1 ist, so tritt in der 1 cm langen Strecke in einer Sekunde nicht die elektrodynamische Menge w, sondern 1 auf. 2. In jedem Zeitmomente befindet sich dort bei der Geschwindigkeit w nur die elektrodynamische Menge $\frac{1}{w}$. Diese übt auf die gleiche die Kraft 1 aus. Wenn durch einen Stromquerschnitt 100 cbm mit der Geschwindigkeit 5 m in der Sekunde fliefsen, so treten in der auf den Querschnitt folgenden Strecke von 1 m nach Pietzker 500 cbm auf. Wo sollen die 500 cbm herkommen? Jene 100 cbm befinden sich am Schlusse der Sekunde auf der auf den Querschnitt folgenden Strecke von 5 m. Jene Strecke von 1 m enthält zu jeder Zeit nur 20 cbm. Aufgetreten sind in derselben jene 100 cbm im Verlaufe der Sekunde, aber nicht gleichzeitig. 3. Treten in der Strecke 1 wirklich w Einheiten in einer Sekunde auf, so befindet sich in jedem Zeitmoment auf der Strecke 1 nur **eine** Einheit. Wenn 50 Mann in 1 m Abstand in einer Minute über einen Steg von 1 m Länge gehen, so hat der Steg während dieser Zeit nicht das Gewicht von 50 Mann, sondern nur von einem Mann zu tragen. Von jenen Längen 1 aus würden also nur die Mengen 1 auf einander wirken. Die Stromstärke ist dann w und die Kraft w^2. 4. Sind die w elektrodynamischen Einheiten **gleichzeitig** auf der Strecke 1, so ist die Stromstärke w^2 und die Kraft w^4. 5. Die elektrostatische Wirkung zwischen den Stromelementen ist (wenigstens nach der Weberschen Hypothese) gleich Null, da in jedem Stück des Leiters gleich viel positive wie negative Elektrizität fliefst. 6. Äquivalent sind die statischen und dynamischen Wirkungen noch nicht einmal dem Vorzeichen nach; die ersteren sind zwischen gleichartigen Gröfsen abstofsend, die zweiten anziehend. Statische und dynamische Wirkungen der Elektrizität lassen sich ebenso wenig identifizieren wie Trägheit und Gravitation. Ein logischer Widerspruch ist in jenen Ausführungen Maxwells also nicht nachgewiesen.

Die **dynamische Elektrizitätseinheit** ist nichts als eine **reine hypothetische Rechnungsgröfse**, basierend auf Ampères Annahme über die gegenseitige Wirkung zweier Stromelemente. Man kann von einem andern Standpunkte aus ebenso gut behaupten, dafs zwei parallele Stromelemente von der Länge 1 in der Entfernung 1 mit der magnetischen Stromstärke 1 sich mit der Kraft 1 anziehen. Wir denken uns einen Kreisstrom von der magnetischen Stromstärke i mit dem Radius r, so ist die Feldstärke im Mittelpunkte $\frac{i \cdot 2\pi}{r}$, wovon die Längeneinheit den $2r\pi$-ten Teil, also $\frac{i}{r^2}$ liefert. Im Mittelpunkte befinde sich der Magnetpol m eines senkrecht zur Stromebene stehenden und so langen Magneten, dafs die Wirkung auf den andern Pol vernachlässigt werden darf, dann wird dieser Pol von der Kraft $\frac{m\,i\,2\pi}{r}$ senkrecht zur Stromebene angegriffen. Die gleiche Kraft als Rückwirkung greift den Kreisstrom in umgekehrter Richtung an, daher wirkt auf die Längeneinheit desselben die Kraft $\frac{m\,i\,2\pi}{r} : 2\,r\pi = \frac{m\,i}{r^2}$. Die Stärke des magnetischen Feldes der Masse m in der Peripherie ist aber $\frac{m}{r^2}$ mit radialer Richtung. Es folgt: Ein Stromelement von der Länge 1, senkrecht gerichtet zu den (von links) eintretenden Kraftlinien, bewegt sich senkrecht zu diesen beiden Richtungen (vorwärts) mit einer Kraft, die gleich dem Produkte aus Stromstärke und Feldstärke ist. Ob nun das magnetische Feld von einem Magneten oder einem Strome herrührt, ist gleichgültig. Befindet sich daher in dem Mittelpunkte des Kreisstromes und in der Ebene desselben ein Stromelement von der Länge 1 und der Stromstärke i_1, so wird dasselbe senkrecht zu seiner Richtung in der Stromebene mit der Kraft $\frac{i_1\,i\,2\pi}{r}$ bewegt. Dazu trägt das gerade gegenüberliegende parallel und gleichgerichtete Stromelement von der Länge 1 den $2r\pi$-ten Teil ganz wie zur Feldstärke bei, also ziehen sich diese



parallel und gleichgerichteten Stromelemente von der Länge 1 mit der Kraft $\frac{i_1 \cdot i}{r^2}$ an und für $r = 1$ und $i = i_1 = 1\,(= 10\,A)$ mit der Kraft 1.

Der Unterschied gegen die Ampèresche Hypothese besteht in einer anderen Verteilung der Wirksamkeit der Stromelemente. Ampère hält den Satz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung auch für Stromelemente fest, eine unnötige Beschränkung, da dieser Satz doch nur für physikalisch realisierbare von der Umgebung unabhängige Systeme gilt. Beide Zerlegungen sind nur mathematisch und ebenso gleichberechtigt wie etwa die Zerlegung eines Körpers in Elemente nach rechtwinkligen und nach Polarcoordinaten.

Da man nun also je nach den Voraussetzungen, von denen man ausgeht, mit gleichem Rechte behaupten kann, dafs zwei parallel und gleich gerichtete Stromelemente von der Länge 1 in der Entfernung 1 sich mit der Kraft 1 anziehen, wenn ihre Stromstärke gleich der dynamischen Einheit (7,07 A) ist, und auch, wenn ihre Stromstärke gleich der magnetischen Einheit (10 A) ist, so ergiebt sich ferner, das jene Geschwindigkeiten v und w ebenfalls nur hypothetische Gröfsen sind. Nicht hypothetisch ist aber natürlich das bekannte Zahlenverhältnis zwischen der statischen und der magnetischen Elektrizitätseinheit im C.G.S.-System.

In den bisherigen Ausführungen sind die in die Gleichungen eingehenden Gröfsen stets als Mafszahlen, also unbenannte Zahlen behandelt. Ob man den Ausdruck 3 cm . 5 cm als Produkt zweier benannten Zahlen ansehen will, hängt doch aber nur ab von der Ausdehnung, die man dem Begriffe der Multiplikation giebt. Mit der ursprünglichen Bedeutung als Summe gleicher Summanden reicht man auch schon bei Brüchen und negativen Zahlen nicht mehr aus. Das ist nur äufsere Formsache und eine reine Doktorfrage. Über das Qualitative, z. B. ob die Geschwindigkeit die eines wirklichen Massenpunktes oder die einer Welle ist, können solche rein quantitative Beziehungen natürlich keine Auskunft geben.

Noch einen Gegenstand, der mit dem Übrigen nur in äufserem Zusammenhange steht, möchte ich kurz berühren. Herr Höfler schlägt vor (*d. Zeitschr. XI 73, 74*), die Namen Cel, Accel oder Gal für die absoluten Einheiten der Geschwindigkeit und der Beschleunigung zu gebrauchen. Ich möchte mir den Gegenvorschlag erlauben, auch Dyn und Erg zu streichen. Ich halte sie für überflüssig und komme ohne dieselben seit Jahren sehr gut aus, obgleich ich das absolute Mafssystem, wo angängig, fast ausschliefslich benutze. Wollte man consequent sein, so müfste man doch noch ca. ein Dutzend neuer Namen auch für die übrigen Gröfsen einführen. Die Folge wäre eine unnötige Belastung des Gedächtnisses und steter Ärger über Verwechselungen. Schön finde ich aufserdem alle diese Namen auch nicht, doch das ist Geschmackssache.

Das astronomische Fernrohr einfachster Art, aus zwei sehr dünnen Linsen bestehend.

Von

Dr. **A. Gleichen** in Berlin.

In der Fig. 1 sei $B'B''$ die Öffnung eines Fernrohrobjektivs, in welches ein Lichtcylinder von untereinander parallelen Strahlen $A'B'A''B''$ einfällt. Die Richtung der Achse AB des Cylinders wird bekanntlich durch die Brechung nicht verändert. Auf dieser Achse im Punkte C liege der Convergenzpunkt des einfallenden cylindrischen Bündels. CH ist also die Fokalebene des Objektivs, RBG die optische Achse. Von C aus divergiert das Bündel wieder und trifft das als positiv gedachte Okularglas in $D'DD''$. Von hier aus wird das Bündel bekanntlich (in sich parallelstrahlig) der Richtung CG parallel gebrochen. Die Achse des Bündels schneidet die optische Achse in E. Ein Lot in E zur optischen Achse trifft die



beiden von D' und D'' kommenden Strahlen in E' und E''. Die beiden Linsen in B und G mit dem gemeinsamen Brennpunkt in H bilden ein astronomisches Fernrohr einfachster Art.

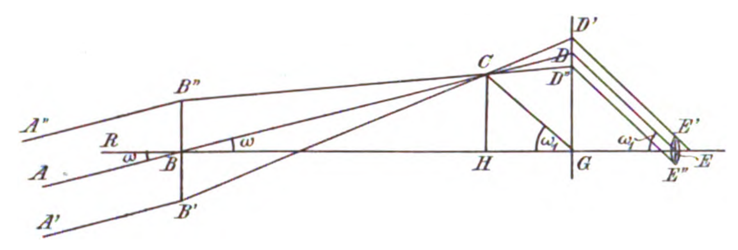


Fig. 1.

Wir setzen:

$BH = F$ = Brennweite des Objektivs;

$GH = f$ = - - Okulars;

$P = BB' = BB''$ = Radius der Objektivöffnung;

$p = DD' = DD'' = EE' = EE''$ = Radius der sogenannten Austrittspupille;

v ist die Vergrösserung des Fernrohrs $= \frac{\omega_1}{\omega}$;

$\omega = \measuredangle ABR$ ist der Winkel, unter welchem ein beliebiges Bündel einfällt;

$\omega_1 = \measuredangle CGH = \measuredangle DEG$ ist der Winkel, unter welchem dasselbe Bündel austritt;

Ω und Ω_1 sind die gröſsten Werte der Winkel ω und ω_1, welche noch das Fernrohr durchdringen in Folge der Begrenzung durch das Okular, dessen Radius $= \varrho$ gesetzt werde;

E ist der Ort, wo das Auge des Beobachters sich befinden muſs, um das ganze Gesichtsfeld zu übersehen. $EG = e$ ist die Entfernung des Auges vom Okular.

Aus der Figur 1 lassen sich nun sofort die wichtigsten Sätze über die Theorie der Fernrohre ableiten.

1. Die Vergröſserung ist $v = \frac{\omega_1}{\omega} = \frac{F}{f} = \frac{P}{p}$, wenn ω_1 und ω sehr kleine Winkel sind.

Beweis: Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $B'B''C$ und $D'D''C$ (Fig. 1) folgt: $\frac{P}{p} = \frac{F}{f}$. Ferner ist

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{CH}{F}; \quad \operatorname{tg}\omega_1 = \frac{CH}{f}; \quad \frac{\operatorname{tg}\omega_1}{\operatorname{tg}\omega} = \frac{F}{f}.$$

Für kleine Winkel hat man also: $\frac{\omega_1}{\omega} = \frac{F}{f}$.

Anm.: Da P der Radius der Objektivöffnung ist und p als Radius der Austrittspupille leicht geschätzt werden kann, wenn man das Fernrohr etwa um die deutliche Sehweite vom Auge entfernt hält (genau gemessen wird p durch das Ramsden'sche Dynameter), so kann man die Vergröſserung eines Fernrohrs leicht durch bloſses Ansehen schätzen, nämlich als Quotient von P und p.

2. Punkt E ist von ω unabhängig, und sämmtliche einfallenden Bündel gehen nach ihrem Austritt durch $E'EE''$.

Beweis: Infolge von Ähnlichkeit hat man aus Fig. 1: $\frac{DG}{CH} = \frac{EG}{HG} = \frac{e}{f}$. Ferner ist: $\frac{DG}{CH} = \frac{F+f}{F}$; also: $e = \frac{f}{F} \cdot (F+f)$ unabhängig von ω.

Anm.: In E muſs sich also die Pupille des menschlichen Auges befinden, um wie beim natürlichen Sehen (ohne optisches Instrument) innerhalb eines möglich grossen Winkelraumes parallelstrahlige Bündel zu erhalten.

3. Das Gesichtsfeld ist abhängig vom Radius ϱ der Öffnung des Okularglases. Für das halbe Gesichtsfeld hat man

$$\operatorname{tg}\Omega_1 = \frac{\varrho \cdot F}{f \cdot (F+f)}.$$

Beweis folgt aus Dreieck EGD Fig. 1, wenn das Bündel der Figur als das äufserste angenommen wird, das noch das Fernrohr durchdringt.

4. Für endliche Werte von ω und ω_1 variiert die Vergröfserung innerhalb der verschiedenen Zonen des Gesichtsfeldes. Für einen Winkel ω_1 ist:

$$v_{\omega_1} = v_0 \left(1 - \frac{(v_0^2 - 1)}{v_0^2} \sin \omega_1^2\right).$$

Beweis: In Fig. 2 ist nur die Hauptachse $ABCDE$ des Bündels aus Fig. 1 gezeichnet und aufserdem die Hauptachse $A_1 B C_1 D_1 E$ eines zweiten dem ersten sehr nahen Bündels. Gemäfs 2) mufs diese Hauptachse durch E gehen. Die Zunahmen der Winkel ω und ω_1 nennen wir $d\omega$ und $d\omega_1$. Denken wir uns nun die Bündel AB und $A_1 B$ von einem kleinen

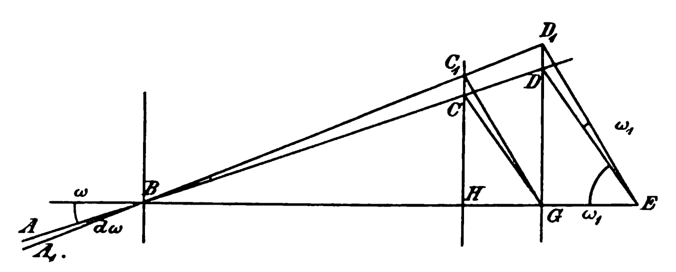


Fig. 2.

linearen Objekt innerhalb des Gesichtsfeldes herkommend, so ist $\measuredangle ABA_1 = d\omega$ der Gesichtswinkel, unter dem dieses Objekt mit unbewaffnetem Auge erscheinen würde, während $d\omega_1$ der entsprechende Gesichtswinkel ist bei Benutzung des Fernrohrs. Demnach ist $\frac{d\omega_1}{d\omega} = v_{\omega_1}$ die Vergröfserung in der durch den Winkel ω resp. ω_1 bestimmten Zone des Gesichtsfeldes. Nach Satz 1 war: $\operatorname{tg} \omega_1 = v_0 \operatorname{tg} \omega$, wenn man $\frac{F}{f} = v_0$, d. h. gleich der Vergröfserung in der Mitte des Feldes setzt. Durch Differentiation (an deren Stelle auch eine elementare Behandlung nach Schellbachschem Vorbilde treten kann) ist:

$$\frac{d\omega_1}{\cos \omega_1^2} = v_0 \frac{d\omega}{\cos \omega^2}; \quad \frac{d\omega_1}{d\omega} = v_{\omega_1} = v_0 \frac{\cos \omega_1^2}{\cos \omega^2} = v_0 \left(1 - \frac{(v_0^2 - 1)}{v_0^2} \sin \omega_1^2\right).$$

5. Damit die Vergröfserung über das ganze Gesichtsfeld konstant ist, also eine unverzerrte Abbildung stattfindet, mufs die sogenannte „Sinusbedingung“ erfüllt sein, d. h. der Sinus des Neigungswinkels zur optischen Achse beim Eintritt eines Strahles ins Fernrohr mufs zu dem Sinus des entsprechenden Winkels beim Austritt in einem Verhältnis stehen, das für alle ins Objektiv gelangenden Strahlen dasselbe ist, d. h. $\frac{\sin \omega}{\sin \omega_1} =$ const. für beliebige Neigungen.

Beweis: Gemäfs 4 war $v_{\omega_1} = \frac{d\omega_1}{d\omega} = v_0 \frac{\cos \omega_1^2}{\cos \omega^2}$ und $\frac{\operatorname{tg} \omega_1^2}{\operatorname{tg} \omega^2} = v_0^2$. Hieraus folgt:

$$v_{\omega_1} = \frac{1}{v_0} \left(\frac{\sin \omega_1}{\sin \omega}\right)^2.$$

Wäre also $\frac{\sin \omega_1}{\sin \omega}$ constant $= v_0$ für alle Neigungen, so wäre auch die Vergröfserung v_ω in allen Zonen constant $= v_0$. Für den Fall des einfachsten astronomischen Fernrohrs aus zwe Linsen ist die Sinusbedingung nicht realisierbar.

Anm.: Die grofse Wichtigkeit der Sinusbedingung für dioptrische Systeme wurde zuerst von Abbe bei der Berechnung von Mikroskopobjektiven entdeckt.

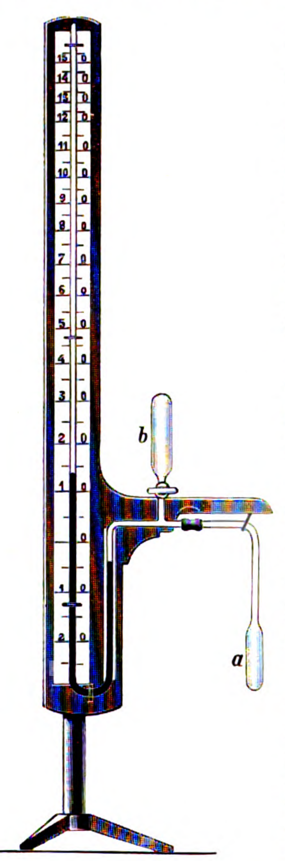


Kleine Mitteilungen.

Noch ein Luftthermometer.

Von Dr. **A. H. Borgesius** in Wageningen (Holland).

Das nebenbei abgebildete Demonstrationsthermometer scheint mir einige Vorzüge zu haben: namentlich seine einfache Construktion, eine im gewöhnlichen Sinn verlaufende Skala, eine zweite Skala für den dahinterstehenden Experimentator und die leichte Regulierbarkeit. Aufserdem kann es, wenn die Thermometerkugel abgenommen ist, durch Verbindung mit anderen Gefässen zu vielen anderen Versuchen über Calorimetrie, Wärmeleitung u. s. w. dienen, wie solche in so grofser Zahl von Herrn Looser in dieser Zeitschr. beschrieben sind. Ich verwende es z. B. zu Versuchen über die Joulesche Stromwärme.



Die U-förmige Manometerröhre ist auf einem dünnen Holzbrett befestigt und wird mit diesem an ein eisernes Stativ geklemmt. Als Sperrflüssigkeit dient mit Indigcarmin gefärbte, etwas verdünnte Schwefelsäure. Der kürzere und weitere Arm der U-Röhre befindet sich vor einem Schlitze, auf dessen schräg abgeschnittener hinterer Längsseite eine zweite Skala angebracht ist, welche den Lehrer in den Stand setzt, den Thermometerstand zu controlieren.

Das Thermometergefäfs ist, wie oben bemerkt, abnehmbar und wird durch ein kurzes Stück starkwandigen Kautschukschlauches (oder besser mittels eines Kapillarschliffstückes nach Lothar Meyer) mit dem Manometer verbunden.

In der Mitte etwa des kapillaren Verbindungsrohres ist seitlich eine Kapillare angeschmolzen, welche über einem Glashahn ein zweites, etwas gröfseres Gefäfs *b* trägt. Dieses hat den Zweck, das Thermometer richtig zu stellen, wenn dasselbe infolge geänderten Luftdrucks falsch zeigt. Man braucht dazu, wenn es zu niedrig steht, nur den Hahn zu öffnen, *b* mit der Hand zu erwärmen und, wenn der richtige Stand erreicht ist, abzusperren. Zeigt das Thermometer zu hoch, so wird (wenn es nach Öffnung des Hahnes nicht genügend sinkt) der Hahn herausgezogen; die bis zum Nullstrich gesunkene Flüssigkeit kann dann wie oben hinaufgetrieben werden. Ein kleines auf der Rückseite angebrachtes Quecksilberthermometer zeigt die richtige Temperatur an.

Das Prinzip dieses Thermometers ist nicht ganz richtig, da es zwar mit immer demselben Volumen Luft mittlerer Temperatur arbeitet, die Anfangsspannung dieser Luft aber nicht immer dieselbe ist, sondern mit dem Barometerstande variiert. Steigt also das Thermometer um eine bestimmte Anzahl von Graden, so kommt zu diesem variablen Anfangsdruck noch der constante Druck der gehobenen Flüssigkeitssäule hinzu, der Druck nimmt also nicht immer in demselben Verhältnis zu. Doch sind die hierdurch verursachten Fehler nicht hoch anzuschlagen, da selbst bei Steigung von 20° bis 150° z. B. die Flüssigkeit noch nicht 50 cm steigt, die Luft sich also fast unter constantem Druck ausdehnt[1]).

Hydraulischer Apparat zur Erläuterung elektrischer Erscheinungen.

Von Dr. **A. H. Borgesius** in Wageningen (Holland).

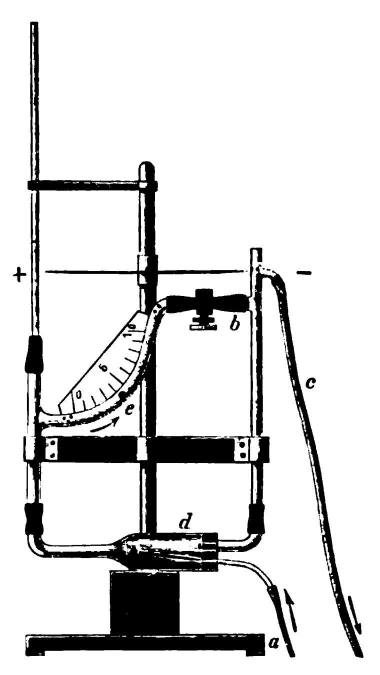
Wiederholt sind in dieser Zeitschrift Apparate beschrieben, welche die elektrischen Erscheinungen durch hydraulische Analogieen verdeutlichen sollen. Nur seiner Einfachheit

[1]) Anm. der Redaktion: Man vergleiche hierzu das Luftthermometer von Fr. C. G. Müller in dieser Zeitschr. I 102, III 214, wo die Correktur wegen des Barometerstandes durch Verschiebung der Skala bewirkt wird.



wegen, welche es jedem erlaubt, sich denselben in kurzer Zeit herzustellen, möchte ich noch den folgenden hinzufügen. Der Apparat wurde speziell dazu construiert, Schülern den Zusammenhang zwischen Elektrisiermaschine und galvanischer Säule deutlich zu machen; die Hauptteile — Stromerzeuger und Stromanzeiger — können jedoch selbstverständlich auch zu anderen Combinationen, der Wheatstoneschen Brücke u. dgl. benutzt werden.

Als Stromquelle dient, wenn ein der statischen Maschine analoger Fall vorgezeigt werden soll, eine gewöhnliche gläserne Wasserstrahlluftpumpe (*d* in der Figur), welche unten an den Manometerröhren + und —, den Spannungszeigern, mittels kurzer Kautschukschläuche befestigt wird. Die Glasröhre + wird dabei an das Abflufsrohr, die Röhre — an das Wasserzufuhrrohr der Pumpe angesetzt. Die Pumpe ist, wenn nun das dritte Rohr *a* (Saugrohr) mit der Wasserleitung verbunden und ein mäfsiger Wasserstrom eingeführt wird, leicht im stande, das Wasser auf der positiven Seite etwa meterhoch hinaufzutreiben, solange das Verbindungsrohr *e b* mittels Quetschhahns geschlossen bleibt. Der Schlauch *c* führt dabei den Wasserüberschufs fortwährend ab, so dafs bei — das Niveau constant bleibt. Ein als Zeiger dienender horizontaler Metalldraht läfst den Höhenunterschied der Wasserspiegel + und — bequemer schätzen. Wird dann aber der Hahn *b* weit geöffnet, so tritt doch nur ein sehr schwacher Strom ein und die Druckdifferenz sinkt fast auf Null, wegen der geringen Kapazität der Pumpe.



Das in der Figur abgebildete weite Glasrohr *d* verhält sich gerade umgekehrt. Wird durch *a* Wasser zugeführt, so erhält man bei geschlossenem Hahn *b* nur eine geringe Höhendifferenz zwischen + und —, bei Öffnung des Hahnes dagegen einen ziemlich starken Wasserstrom durch *e*, während das Wasser bei + nur wenig sinkt. Hier wird nicht nur das geringe Quantum Wasser, welches *a* zuführt, in Bewegung versetzt, sondern die ganze in den weiten Röhren enthaltene Menge mitgeschleppt. Man hat hier einen der galvanischen Säule analogen Fall

Als Strommesser dient das in Form eines Kreisquadranten gebogene Glasrohr *e* mit dahinter angebrachter Papierskala. In diesem Rohre bewegt sich eine farbige Glaskugel, welche in ziemlich grofser Entfernung noch sichtbar ist[1]). Bei ruhendem Wasser liegt diese Kugel unten beim Nullstrich; sobald ein Strom eintritt, wird sie mitgeführt und steigt um so höher, je stärker der Strom ist, da die Neigung der Fläche, auf welcher sie ruht, nach oben hin stets stärker wird. (Eingeklemmte feine Metalldrähte verhindern oben und unten das Fallen resp. Mitreifsen der Kugel aus dem Kreisquadranten.) Ein Vorteil dieses Stromanzeigers ist, dafs damit beliebige Empfindlichkeit leicht erreicht werden kann; eine leichte Siegellack- oder hohle Glaskugel zeigt auch den leichtesten Strom schon an; eine kleinere oder schwerere Kugel dagegen wird erst bei ziemlich starker Strömung gehoben.

Ein Hohlspiegelversuch.

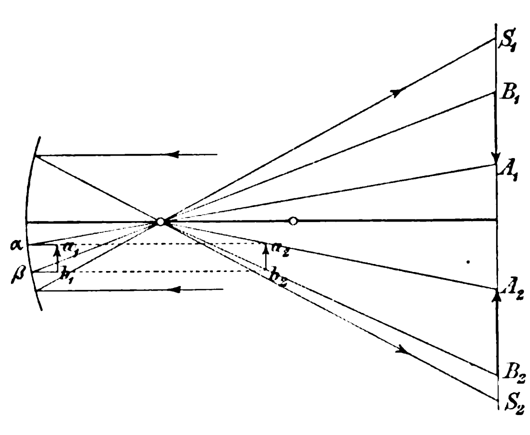
Von Professor Dr. **Karl Rosenberg** in Wien.

Man lasse auf einen gröfseren Conkavspiegel von nicht zu kleiner Brennweite mittels des Heliostaten oder mittels der Dubosqschen Lampe ein Bündel von Parallelstrahlen in der Richtung der optischen Achse auffallen. Es entsteht der bekannte Strahlendoppelkegel, und an der dem Hohlspiegel gegenüberliegenden Wand zeigt sich, wenn dieselbe weiter als die

[1]) S. 77 des vor. Jahrg. beschreibt Herr P. Spies einen analogen Stromindikator.



doppelte Brennweite vom Spiegel absteht, eine grofse, hellbeleuchtete Kreisfläche SS'. In der Figur, die die Aufstellung von oben gesehen zeigt, ist der Deutlichkeit halber und um an Raum zu sparen die auffangende Wand viel zu nahe an den Hohlspiegel gezeichnet. Der Versuch wirkt am besten, wenn man die Entfernung des Hohlspiegels von der Wand etwa 4—6 m grofs nimmt. Man bringe nun irgend einen schattenwerfenden Körper — etwa einen kleinen aus Carton ausgeschnittenen Pfeil, den man auf eine Glastafel geklebt hat — in die Lage $a_1 b_1$, also aufserhalb der Achse und innerhalb der einfachen Brennweite. Auf dem Schirme erscheint ein vergröfserter, im Vergleiche zu $a_1 b_1$ verkehrter Schatten in der Lage $A_1 B_1$. — Nun bringe man den schattenwerfenden Körper in die Lage $a_2 b_2$, also wieder aufserhalb von der Achse, jetzt aber zwischen die einfache und die doppelte Brennweite. Es ergeben sich nun zwei Schatten $A_1 B_1$ und $A_2 B_2$, von denen der eine im Vergleich zum Objekte aufrecht, der zweite umgekehrt ist. Der Schatten $A_1 B_1$ behält in jeder Lage des Objektes dieselbe Gröfse, der Schatten $A_2 B_2$ kann jedoch im Vergleiche zu dem Schatten $A_1 B_1$ entweder kleiner oder gleich grofs oder gröfser sein.



Die Erklärung des Versuches ist einfach, wenn man sich die geometrischen Beziehungen klar macht. Würde man den schattenwerfenden Körper bei $\alpha\beta$ direkt auf die Hohlspiegelfläche auflegen, so würde dadurch für eine Anzahl Spiegelpunkte das Reflexionsvermögen aufgehoben; von ihnen werden keine Strahlen gegen die auffangende Wand geworfen, es mufs also auf derselben in $A_1 B_1$ ein (vergröfsertes) dunkles Abbild des Objektes $\alpha\beta$ erscheinen. Wir werden geneigt sein, es als „Schatten“ zu bezeichnen, obwohl es nicht ein Schlagschatten in gewöhnlichem Sinne ist, sondern vielmehr eine wegen Mangels an auffallenden Lichtstrahlen lichtlose (dunkle) Figur; sie müfste ja ebenso entstehen, wenn die Figur $\alpha\beta$ aus dem Spiegel herausgeschnitten oder aus der Belegung herausgekratzt wäre, und sicher könnte in diesen Fällen von einem „schattenwerfenden“ Objekte keine Rede sein[1]). Rücken wir nun mit dem Objekte $\alpha\beta$ in die Lage $a_1 b_1$ oder in die Lage $a_2 b_2$, so bleiben die Verhältnisse — abgesehen von einem sehr geringen Unscharfwerden der Schattenränder — vollkommen dieselben. Es bleibt daher auch der „Schatten“ $A_1 B_1$ genau derselbe rücksichtlich seiner Lage und seiner Gröfse. Wird die Gröfse von $A_1 B_1$ mit L_1, jene von $a_1 b_1$ mit l, die Entfernung der auffangenden Wand vom Spiegel mit E und endlich die Brennweite des Spiegels mit f bezeichnet, so ergiebt sich sehr leicht aus ähnlichen Dreiecken und unter Berücksichtigung der bei sphärischen Spiegeln von kleiner Apertur zulässigen Vernachlässigungen

$$L_1 = \frac{l(E-f)}{f}.$$

Befindet sich dagegen das schattenwerfende Objekt in der Lage $a_2 b_2$, wobei seine Entfernung vom Spiegel e sein möge, so entsteht aufser dem „Schatten“ $A_1 B_1$ durch die Lichtstrahlen, welche vom Brennpunkte aus nach dem Kreise SS' gehen, also gleichsam eine centrale Beleuchtung bilden, ein wirklicher Schlagschatten $A_2 B_2$. Ist dessen Gröfse L_2, so ergiebt sich ebenso leicht wie früher

$$L_2 = \frac{l(E-f)}{e-f}.$$

[1]) Vgl. übrigens auch O. Ohmanns schöne Denkaufgabe über den Planspiegel in dieser Zeitschrift *XI 81*, mit welcher die vorliegende in gewissem Sinne verwandt ist.

Nun ist offenbar $L_1 > L_2$, wenn $e - f > f$, also $e > 2f$
$L_1 = L_2$, wenn $e - f = f$, also $e = 2f$
und $L_1 < L_2$, wenn $e - f < f$, also $e < 2f$ ist.

Messende Versuche bestätigen die Richtigkeit dieser Ergebnisse, welche natürlich ebenso auf construktivem Wege gefunden werden können.

Ein Versuch mit der Leydnerbatterie.

Von Professor Dr. **Karl Rosenberg** in Wien.

J. Tyndall beschreibt in seinen „Vorträgen über Elektrizität“ (in der deutschen Übersetzung von Rosthorn auf S. 138) einen einfachen Versuch, welcher jedoch wenig bekannt ist, obwohl sein Wert für den Unterricht, wie die nachfolgenden Zeilen erweisen sollen, ein sehr vielseitiger ist.

Man benötigt zu dem Versuche eine etwa 10—20 cm lange (übrigens, wenn man es wünscht, noch viel längere) Kette aus Stahldraht, die man folgendermafsen verfertigt. Man biegt eine entsprechend grofse Anzahl von etwa 2 cm langen Stückchen eines $1/2$—1 mm starken Klaviersaitendrahtes zu Kettengliedern von etwa 8 mm Länge, welche einfach ineinander gehakt werden; damit ist die Kette fertig. Man kann übrigens auch Heftklammern aus dünnem Stahldraht, wie sie die Buchbinder zum Heften verwenden, als Kettenglieder zurichten. Läfst man die Entladung einer Leydnerflasche oder einer Flaschenbatterie im Dunklen durch die Kette erfolgen, so sprühen von der ganzen Länge der Kette momentan lebhafte Eisenfunken weg. Der Versuch gelingt bereits mit einer ziemlich kleinen Leydnerflasche vollkommen befriedigend; mit einer Influenzmaschine und einer Leydnerbatterie angestellt, wirkt derselbe überraschend effektvoll.

In der einfachsten Weise wird der Versuch angestellt, indem man die Kette an den von einander entfernten Kugelstäben des Henleyschen Entladers so befestigt, dafs sie schlaff in einer Kurve herabhängt. Fehlt der Henleysche Entlader, so kann man auf einem Brettchen zwei Siegellack- oder Glasstangen in vertikaler Lage und in entsprechender Entfernung von einander festmachen und an den oberen Enden die Kette in der oben angegebenen Weise befestigen. An jedes Ende der Kette bindet man einen biegsamen dünnen Draht an; den einen legt man auf die Tischplatte und beschwert ihn in der Nähe des Endes mit irgend einem Gegenstande, den zweiten befestigt man an dem einen Arme eines gewöhnlichen Ausladers. Nun wird eine Leydnerflasche geladen und mit der äufseren Belegung auf das am Tische liegende Drahtende gestellt. Nähert man sodann den Auslader in rascher Bewegung dem Kugelstabe der Leydnerflasche, so erfolgt die Entladung durch die Kette. Mit geringer Mühe kann man auch eine Leydnerflasche derartig — ähnlich einer Mafsflasche — herrichten, dafs die von Zeit zu Zeit erfolgenden Selbstentladungen der Flasche durch die Kette erfolgen.

Sehr schön läfst sich der Versuch ausführen, wenn man jene aus Influenzmaschine, Leydnerbatterie, Isolierschemel, Mafsflasche, Henleyschem und Riefsschem Entlader bestehende Apparatenzusammenstellung verwendet, welche Weinhold in seinen „Demonstrationen“ empfiehlt, und welche bei allen derartigen Versuchen die allerbesten Dienste leistet. Dabei hängt die Kette wieder zwischen den Kugelstäben des Henleyschen Entladers. Nach je ein paar Umdrehungen der Maschine bewirkt man durch Ziehen an der Seidenschnur des Riefsschen Entladers die Entladung der Batterie; jedesmal erfolgt das Aufsprühen längs der ganzen Kette. Dabei macht man aber eine interessante Wahrnehmung. Je häufiger die Entladung durch die Kette erfolgt ist, desto weniger brillant wird die Erscheinung, bis endlich nur mehr an ganz wenigen Stellen der charakteristische Eisenfunke auftritt und schliefslich auch an diesen verschwindet. Erschüttert man aber die Kette mit einem Glasstabe ganz wenig, so tritt die Erscheinung sofort wieder in ihrem vollen Glanze auf. Hieraus kann man sofort den Schlufs ziehen, dafs die Kette infolge der elektrischen Entladungen gleich einem Cohärer — als der sie ja ohne weiteres auch benutzbar ist — leitend und zwar



immer besser leitend wird, je häufiger die Entladung durch dieselbe erfolgt ist. Um sich davon zu überzeugen, befestige man an jeder Kugelstange des Henleyschen Entladers eine Doppelklemme, von welcher man, wenn nötig, das eine Loch mit einer Reibahle entsprechend erweitert hat, und verbinde beide Klemmen durch einen Schliefsungskreis, in welchem ein Tauchelement und eine elektrische Klingel eingeschaltet ist. Vor dem oben geschilderten Versuche läutet die Klingel nicht; der Widerstand der Kette ist eben ein zu grofser. Spannt man die Kette, indem man in der Mitte den Finger aufsetzt und nach unten drückt, so tritt das Läuten sofort ein und dauert so lange an, als der Druck des Fingers währt; läfst man mit demselben nach, so verstummt die Klingel augenblicklich (in dieser Form ist der Versuch von Nutzen für die Erklärung des Mikrophones). Wird nun aber die Ladung und darauf die Entladung der Leydnerbatterie vorgenommen, so erfolgt zumeist schon vor der Entladung, sicher aber nach der ersten Entladung das Läuten der Klingel, welches so lange andauert, als die Kette nicht erschüttert wird.

Auch das Prinzip der Telegraphie ohne Draht läfst sich mit der einfachen Kette in ausreichender Weise erläutern. Man läfst zu diesem Zwecke die Entladungsfunken der Influenzmaschine, welche in diesem Falle natürlich ohne die frühere Verbindung mit der Leydnerbatterie und den übrigen Hilfsapparaten benutzt wird, am besten zwischen zwei isoliert aufgestellten Conduktoren von etwa 2 dcm Durchmesser, von welchen jeder mit einem Pole der Influenzmaschine verbunden ist, erfolgen. Auch in einem Ölbade können die Funken erzeugt werden, doch erwies sich dies zumeist als unnötig. Die lose hängende Kette ist als Cohärer mit einer Batterie und einer empfindlichen Klingel in Verbindung; dieses ganze Arrangement ist in einer entsprechenden Entfernung von der Influenzmaschine (die Versuche gelangen dem Ref. mit diesen einfachen Mitteln bis zu 4 m Entfernung) aufgestellt. Noch besser ist es, in den Schliefsungskreis statt der Klingel ein Relais zu schalten, welches einen Schreibapparat mittels einer Localbatterie in Gang setzt. Am Hebel des Schreibapparates ist ein federnder Draht befestigt, auf welchem die Kette lose aufliegt, dergestalt, dafs der Schreibapparat selbst die nach jeder Anziehung nötige Erschütterung der Kette besorgt.

Ein Vorlesungsversuch über die Entladungen.

Von Prof. **P. Silow** in Warschau.

Es ist wichtig, die elektrische Entladung, sowohl continuierliche, als auch oszillierende, vor einem grofsen Auditorium zeigen zu können. Die bis heutigen Tages vorgeschlagenen zahlreichen Versuche für diesen Zweck sind entweder ungenügend demonstrativ, oder wenig überzeugend (denn sie lassen die Frage offen, ob es sich um eine oszillierende, oder nur um eine discontinuierliche Entladung handelt). Folgender Versuch, wie es mir scheint, eignet sich am besten für den genannten Zweck.

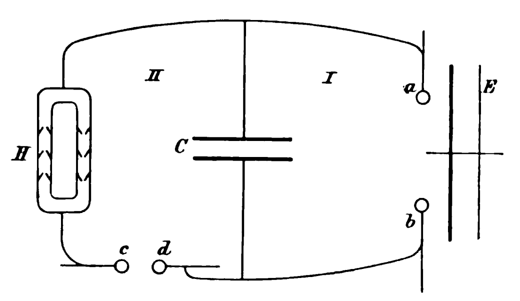
Vorläufig mufs bemerkt werden, dafs die Entladungen beider Art zwischen den Conduktoren einer Elektrisiermaschine leicht zu erhalten sind. Wenn die Conduktoren einander genähert sind, so entsteht zwischen ihnen eine continuierliche Entladung und die Funkenenden sind verschieden: am positiven Conduktor ist der Funke breiter als am negativen; man entferne aber allmählich die Conduktoren von einander: bei einer gewissen Entfernung derselben ändert der Funke sein Aussehen und seine beiden Enden stellen sich identisch vor; das kommt davon, dafs die Entladung jetzt eine oszillierende ist und die successiv und rasch folgenden Funken entgegengesetzter Richtungen, so zu sagen, sich aufeinander lagern.

Am bequemsten läfst sich die Richtung einer elektrischen Entladung mittels Holtzscher doppelter Röhre demonstrieren. Diese Röhre besteht aus zwei Zweigen, in welchen Trichterventile eingeschmolzen sind und deren Spitzen in einem Zweige nach rechts, in dem anderen nach links gerichtet sind. Die Entladung geht durch das Trichterventil nur von der Spitze zur Basis. Wenn man eine continuierliche Entladung durch eine doppelte Holtzsche Röhre durchgehen läfst, so leuchtet nur ein Zweig, der eine oder andere je nach der Richtung der



Entladung; wenn man aber eine oszillierende Entladung durch die Röhre gehen läfst, so leuchten ihre beiden Zweige, denn die linke Entladung geht durch einen Zweig, die folgende rechte Entladung geht durch den anderen Zweig u. s. w.

Jetzt wenden wir uns zum Versuche selbst. Die nachstehende Zeichnung giebt die Anordnung der Apparate an: eine Leydener Flasche C ist durch zwei parallele Drähte, I und II, verbunden; in dem Drahte I ist eine Elektrisiermaschine E eingeschlossen, deren Conduktoren a und b insofern von einander entfernt sind, dafs zwischen ihnen kein Funke entsteht; in dem Drahte II ist eine doppelte Holtzsche Röhre und ein Funkenunterbrecher cd angebracht. Jetzt wird die Maschine E gedreht; sobald die Flasche stark genug geladen ist, entladet sie sich durch den Unterbrecher und die Holtzsche Röhre. Dabei leuchtet nur ein Zweig, wenn der Funke in dem Unterbrecher cd kurz ist, und es leuchten die beiden Zweige, wenn der Funke in cd eine genügende Länge hat. Im ersten Falle ist die Entladung eine continuierliche, im zweiten — eine oszillierende.



Für die Praxis.

Elektrisieren des Elektrophors ohne Reiben. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Bei der ersten Vorführung des Elektrophors wird man natürlich nicht auf das Elektrisieren durch Reiben verzichten wollen. Um aber mühelos eine möglichst grofse Leistung des Elektrophors zu erzielen, lade man den Elektrophor wie eine Franklinsche Tafel von der Influenzmaschine aus, indem man den auf dem Tische liegenden Teller zur Erde ableitet und dem in die Mitte gesetzten Deckel mit dem Auslader negative Elektrizität zuführt. Den Deckel rücke man mehrmals im Kreise herum, damit die Platte an verschiedenen Stellen wirklich berührt wird. Nachdem mehrere am Deckelrande hin- und herspringende Entladungen stattgefunden haben, hebt man den gewöhnlich merklich festgehaltenen Deckel empor, wobei meistens eine fernere Entladung eintritt. Der Elektrophor ist nunmehr wie nach dem Reiben der Platte verwendbar, nur sind die Wirkungen erhöht. Der Deckel läfst beim Abheben das Geräusch der Büschelentladung vernehmen, die Funken erreichen also die gröfstmögliche Länge; bei der Verbindung von Teller und Platte durch den Körper bemerkt man eine kräftige Erschütterung. Legt man den Elektrophor auf einen Isolierschemel, so lassen sich aus Deckel und Teller abwechselnd hörbare Funken ziehen.

Der stark elektrisierte Elektrophor behält seine Ladung genügend lange, um beim Anregen der Influenzmaschine gebraucht werden zu können. Voraussetzung ist auch hier, dafs die Ebonitplatte nicht gar zu unwirksam geworden ist. Es empfiehlt sich, von Zeit zu Zeit beide Seiten der Platte mit etwas Petroleum abzureiben.

Verbrennung von Magnesium in Wasserdampf. Auch bei Benutzung eines Erlenmeyerschen Kolbens für die Verbrennung von Magnesium in Wasserdampf ist man der Gefahr des Zerspringens des Kolbenhalses ausgesetzt; ferner ist die Reinigung des Gefäfses umständlich. Einen recht geeigneten Verbrennungsraum erhält man aus einem grofsen Becherglase, welches mit einem ausgeglühten, in der Mitte mit einem 2 cm weiten Loch versehenen Stück Schablonenkupfer überdeckt wird. Den überragenden Rand des dünnen Bleches biegt man an den Gefäfswänden herab. Im Dampfe des in dem Becherglase siedenden Wassers brennt das durch die Öffnung brennend eingesenkte Metall mit anscheinend unverminderter Lichtentwicklung trotz des zur Wasserzersetzung erforderlichen grofsen Energieaufwandes. Um auf die über der Öffnung sich erhebende Wasserstofflamme alle



Zuhörer aufmerksam zu machen, führt man die Verbrennung sofort noch ein zweites Mal aus. Trotzdem diese Flamme gewöhnlich auch ohne Abblendung des Magnesiumlichtes genügend sichtbar ist, erscheint es nicht unangebracht, dieselbe durch einen behutsam hineingehaltenen (ausrangirten) Glühstrumpf noch besser hervortreten zu lassen.

Schüler pflegt es zu interessieren, dafs man bei Verbrennung von Magnesiumband in Luft die festhaltende Zange durch zwei gröfsere Münzen ersetzen kann, zwischen denen man das Bandende mit den Fingern zusammendrückt; der Streifen mufs nur ziemlich wagerecht gehalten werden, sobald die Verbrennung bis in die Nähe der Finger vorgeschritten ist.

Verbrennung von Magnesium in Kohlensäure. Bei der von kleinen Explosionen begleiteteu Verbrennung von Magnesiumband in Kohlensäure tritt bekanntlich öfters Erlöschen ein. Etwas ruhiger und ohne Unterbrechung verbrennt das Metall, wenn der Kohlensäure eine gewisse Quantität Wasserdampf beigemischt ist. Man kann dies beobachten, wenn man vor dem Einleiten der Kohlensäure in das Becherglas etwas heifses Wasser gegossen hatte. Das Glas ist wie beim vorigen Versuch mit einem Deckel aus Schablonenkupfer zu versehen. Der ausgeschiedene Kohlenstoff wird in anscheinend nicht erheblich verminderter Menge erhalten und ist zwar an manchen Stellen von Oxyd bedeckt, aber doch sofort sichtbar.

Entzündung von Natrium auf Wasser in reinem Sauerstoff. Den von Ohmann angegebenen Verbrennungsversuchen (diese Zeitschr. *XI 226*) kann man, was die Ausführung anbetrifft, nicht methodisch, den folgenden anschliefsen. Wirft man auf die Oberfläche von Wasser, welches sich in einem gröfseren Gefäfs befindet, Natriumstücke und folgt man den umhereilenden Kügelchen mit der Sauerstoff zuführenden Röhre, so pflegen besonders nicht zu kleine Metallstücke sich zu entzünden. Sicher tritt dies ein, wenn das Wasser etwas angewärmt war, ohne indessen die Temperatur (ca. 60°) zu erreichen, bei der auch in Luft Entzündung erfolgt. Es ist zur Erklärung der Erscheinung nicht nötig, anzunehmen, dafs die Entzündungstemperatur des Metalles in reinem Sauerstoff niedriger liege als in gewöhnlicher Luft. Für die Entzündung von Wasserstoff in Luft, bez. Sauerstoff sind von Mallard und Le Chatelier die Temperaturen wenig verschieden gefunden worden (Dammer, Handbuch d. anorg. Chem. I, 388). Es wird aber wohl schon infolge der Oxydation des Natriums durch den Sauerstoff des Wassers an einigen Stellen die Entzündungstemperatur von Natrium oder Wasserstoff (beginnende Rotglut) erreicht, worauf auch die gelegentlich auftretenden Fünkchen schliefsen lassen. Während nun die abkühlend wirkende Fortbewegung der Natriumkügelchen die beginnende Entflammung alsbald wieder erlöschen läfst, ist dies in einer Umgebung von reinem Sauerstoff infolge der an den Punkten beginnender Verbrennung (Fünkchen) sofort entstehenden höheren Temperatur nicht mehr der Fall. Wenn die Entzündung auf Wasser von 10—20° über Zimmertemperatur regelmäfsiger eintritt, so dürfte weniger diese geringe Temperaturerhöhung selbst, als vielmehr der damit zusammenhängende gröfsere Reichtum des umgebenden Gases an Wasserdampf als Ursache anzusehen sein, dessen Gegenwart und Menge bei Entzündungs- und Verbrennungserscheinungen eine bekanntlich sehr wesentliche Bedeutung hat. Die Verbrennung des Natriums erfolgt bei dem beschriebenen Versuche oft in der so merkwürdigen Form der Explosion (vergl. Ohmanns Bemerkung, a. a. O. S. 230); es ist daher wenigstens eine teilweise Bedeckung des Gefäfses erforderlich.

Um das Untersinken schwimmenden Filtrierpapiers zu vermeiden, auf dem Natriumstücke auch auf kaltem Wasser sich entzünden, kann man zunächst eine Anzahl abgebrannter Zündhölzchen auf das Wasser werfen und erst auf diese das Papierstück legen.

H. Rebenstorff, Dresden.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Photographie der manometrischen Flamme. Doumer hat zuerst die manometrische Flamme photographiert (*C. R. 103, 340; 105. 1247*) und dann unabhängig von ihm Merritt (*Physic. Rev. 1, 166; 1893*). Letzterem gelang es nur dürftig, die von einem gewöhnlichen Königschen Manometer erzeugte Flamme auf einer rasch bewegten Platte zu photographieren. Die Flamme war zu arm an ultravioletten Strahlen, die Entwicklung der unterexponierten Platten daher aufserordentlich mühsam; die Bilder fielen ganz unbefriedigend aus. Merritt vergröfserte die photographische Wirkung durch die Benutzung eines Brenners, bei dem reiner Sauerstoff die Leuchtgasflamme umgab. (Fig. 1, *M* Membran, das Leuchtgas strömt bei *G* und der Sauerstoff bei *S* ein.) Mit einem solchen Brenner erhielt er bequem auf einer bewegten Platte Bilder, die deutlich die Königschen Zähne zeigten. Später liefs er das Gas, um es zu karburieren, durch einen Behälter mit Petroläther strömen und erzeugte so eine noch stärker leuchtende Flamme. Bei Merritts Versuchen schofs die bewegte Platte wagerecht durch das Feld der Kamera mit einer Geschwindigkeit, die ausreichte, die verschiedenen Flammenbilder deutlich zu trennen. Der Plattenhalter glitt zwischen den Führungen mit einer Geschwindigkeit von 2 m in der Sekunde. Die Aufnahme erforderte nur wenige Hundertstel einer Sekunde. Das jetzt allgemein verwendete Acetylengas liefert ein noch wirksameres Licht, dessen Stärke nur das Magnesiumlicht übertrifft; doch kann man letzteres ebenso wenig wie elektrisches Bogenlicht manometrisch verwerten. Läfst man die Acetylenflamme im Merrittschen Brenner in Sauerstoff brennen, so kann man die Lichtstärke noch weiter steigern.

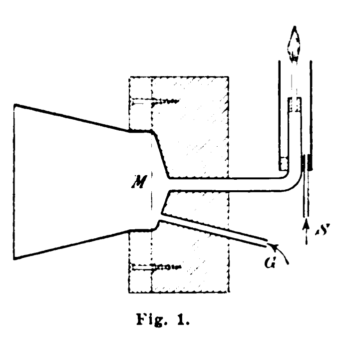


Fig. 1.

1897 haben Edward L. Nichols und Prof. Merritt neue Versuche über die Photographie der manometrischen Flamme angestellt (*Nature 59, 320—323; 1899*). Sie speisten den Merrittschen Brenner statt mit Leuchtgas mit einer Mischung gleicher Raumteile von Acetylen und Wasserstoff und nahmen die Photographieen statt mit Glasplatten mit 120 cm langen Films auf. Die Camera enthielt die üblichen Linsen und Bälge und einen rechteckigen Holzkasten mit der Trommel *T*, auf deren Umfang der Film angebracht war. (Fig. 2, *F* ist die Flamme.) Die Trommel konnte mit der erforderlichen Geschwindigkeit entweder, wie in der Zeichnung, mittels eines Treibriemens durch einen Elektromotor oder, was zuweilen zweckmäfsiger war, mit der Hand gedreht werden. Der Kasten, in dem die Trommel safs, war lichtdicht, doch gestattete ein verschliefsbarer lotrechter Spalt den Strahlen den Eintritt. Der Beobachter, der bei der manometrischen Flamme stand, konnte den Verschlufs elektrisch öffnen. Dieser blieb während einer Umdrehung der Trommel offen und schlofs sich dann sofort von selbst. Die Trommel machte bei den meisten Versuchen eine Umdrehung in einer Sekunde. *H.-M.*

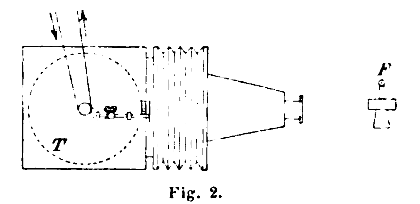


Fig. 2.

Vorlesungsversuch über die relativen Wärmeleitungsfähigkeiten verschiedener Metalle. In der *Nature 60, 244; 1899* beschreibt Edwin Edser folgende sehr schnell und einfach zusammenzusetzende Vorrichtung, um die relativen Leitungsfähigkeiten einiger Metalle in etwa einer Minute der Gröfse nach zu bestimmen. Die wesentlichen Teile des Apparats können auf einen Schirm projiziert werden. Ein etwa 10 cm weites und 20 cm langes Stück eines Messingrohres ist an einem Ende durch eine Messingscheibe verschlossen, in die mehrere Löcher gebohrt sind, um die Enden von 2,5 mm dicken und etwa 15 bis 20 cm langen Stäben aus Kupfer, Messing, Eisen u. s. w. aufzunehmen, die senkrecht zur Scheibe darin festgelötet werden. Jeder Stab ist mit einem kleinen Zeiger versehen, der aus einem

Stück etwa 0,8 mm starken Kupferdrahtes in die in Fig. 2 vergröfsert dargestellte Gestalt gebogen ist. Eine kleine Pfeilspitze aus geschwärztem Papier oder Glimmer ist mit Schellackfirnis daran befestigt. Die Ringe der Zeiger sind mit einem Stabe gewunden, dessen Durchmesser nur ganz wenig gröfser als der der Versuchsstäbe ist. Vor dem Versuche dreht man das Messinggefäfs um, schiebt einen Zeiger so auf jeden Stab, dafs der einfache Ring den Boden berührt, und giefst geschmolzenes Paraffin um die Ringe. Stellt man das Gefäfs wie in Fig. 1 mit den Stäben abwärts auf, so hält das erstarrte Paraffin die Zeiger fest. Nun bringt man die Vorrichtung zwischen den Condensor und das Objektiv des Projektionsapparates und giefst siedendes Wasser in das Messinggefäfs. Erreicht der in der Nähe der Zeiger-Doppelringe gelegene Teil eines Stabes die Schmelztemperatur des Paraffins, so beginnt der Zeiger abwärtszugleiten und nimmt dabei das Paraffin mit. Haben die Stäbe ständige Wärmezustände erreicht, so sind die Zeiger auf den verschiedenen Stäben zu Stellen herabgeglitten, wo das Paraffin gerade erstarrt und also der gleiche Wärmezustand herrscht. Die Leitungsfähigkeiten der verschiedenen Stäbe verhalten sich wie die Quadrate der Entfernungen der durch die Pfeilspitzen markierten Stellen von dem Gefäfsboden. Auf dem Schirme ist eine gleichmäfsige oder noch besser eine quadratische Einteilung angebracht, um die relativen Leitungsfähigkeiten direkt ablesen zu können. In Fig. 1 sind Stäbe von Kupfer (links), Messing (in der Mitte) und weichem Stahl (rechts) dargestellt. Die Zeiger haben solche Stellungen, welche sie am Ende eines Versuches einnehmen. *H.-M.*

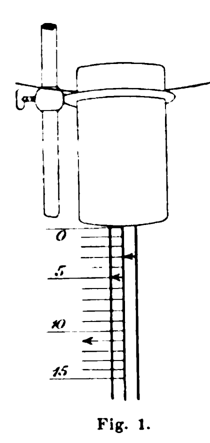
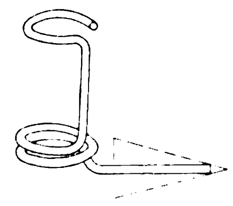


Fig. 1.


Fig. 2.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Kathoden-, Kanal- und Röntgenstrahlen. Die durch Kathodenstrahlen erzeugten Schattenbilder untersuchte A. Wehnelt (*Wied. Ann. 68, 584; 1899*). Bei einigen Forschern ist neuerdings ein Zweifel darüber entstanden, ob die gegeneinander geneigten Kathodenstrahlen sich ungestört durchschneiden (Wiedemann und Ebert, Goldstein) oder ob sie sich gegenseitig abstofsen (O. Lehmann). Letztere Annahme beruhte darauf, dafs man unter gewissen Umständen nicht umgekehrte, sondern auch aufrechte Bilder von Gegenständen erhält, die sich zwischen Convergenzpunkt und Kathode befinden. Wehnelt weist dagegen durch mehrere Versuche nach, dafs die gewöhnlichen Strahlen (K_1), die von einer Hohlkathode ausgehen und nach einem Punkt der Röhre convergieren, stets umgekehrte Bilder von solchen Gegenständen auf einem fluoreszierenden Kreideschirm erzeugen. Dagegen findet er, dafs von der Kathode noch eine zweite Sorte von Strahlen (K_2) ausgehen, die aufrechte Bilder entwerfen können. Die Strahlen K_2 verlaufen immer in der Hauptrichtung des Rohres, bei höheren Drucken ein wenig convergierend mit sehr fernem Convergenzpunkt, bei niedern Drucken vollständig parallel zur Rohrachse. Für gewöhnlich sind sie zu schwach, und man bekommt nur das von den Strahlen K_1 herrührende umgekehrte Bild zu sehen. Stellt man aber den Gegenstand in den Vereinigungspunkt der K_1-Strahlen, so werden diese abgeblendet, und das von den K_2-Strahlen erzeugte Bild wird sichtbar. Die K_2-Strahlen verlaufen unabhängig von Krümmung und Neigung der Kathode; sie treten als Vollcylinder aus der ganzen Fläche der letzteren aus und besitzen eine geringere Luminescenz erregende Kraft als die K_1-Strahlen. Die Schatten der K_2-Strahlen sind bei höheren Drucken etwas kleiner, bei niederen Drucken ebenso grofs wie der Gegenstand. Durch eine drehbare Hohlkathode läfst sich der Gang der K_1-Strahlen verändern, während die K_2-Strahlen stets dieselbe Richtung parallel der Rohrachse beibehalten.

Die Bedeutung der Kathodenstrahlen und Kanalstrahlen für den Entladungsmechanismus behandelt O. Berg (*Wied. Ann. 68, 688; 1899*). Die Kathodenstrahlen gingen durch die mit einer Öffnung versehene Anode hindurch und trafen auf einen Schirm,

dessen Ladungen durch ein Galvanometer gemessen werden konnten. Als Resultat ergab sich, dafs durch die Kathodenstrahlen Elektrizitätsmengen transportiert werden, welche der gesamten, ein Entladungsrohr durchwandernden Elektrizitätsmenge an Gröfsenordnung gleich sind. Kathodenstrahlen treten, unbekümmert um die absolute Höhe des Potentials, überall da auf, wo genügend grofse Potentialdifferenzen vorhanden sind. So gingen z. B. bei isolierter Anode auch von dem Schirm Kathodenstrahlen aus, obwohl dieser kräftige positive Ladungen besafs; nur befand er sich auf niedrigerem Potential als seine Umgebung.

Machte man die durchlöcherte Scheibe zur Kathode, die frühere Kathode aber zur Anode, so liefsen sich die Goldsteinschen Kanalstrahlen beobachten. Bei metallischer Verbindung des Schirms mit der Anode erhält man auf beiden Seiten der Kathode Kanalstrahlen. Verf. erklärt sie als eine Strahlung positiver Teilchen, die von der Anode (im letzten Falle auch von dem Schirm als zweiter Anode) ausgehen und durch die Öffnung der Kathode in den entgegengesetzten Raum eintreten; sie wären danach als „Anodenstrahlen" aufzufassen. Die Kathodenstrahlen entstehen mit gröfserer Leichtigkeit als die Anodenstrahlen und bilden das wesentliche Ausgleichsmittel von Potentialdifferenzen innerhalb der Röhre. Die Anodenstrahlen rufen schwächere Phosphorescenz hervor und sind auch weniger stark durch den Magneten ablenkbar; möglicherweise haben die sie bildenden positiven Teilchen gröfsere Masse und darum geringere Geschwindigkeit.

Eine neue Methode zur Erzeugung von Kathodenstrahlen giebt L. Fomm an (*Wied. Ann. 68, 620; 1899*). Um eine Glasröhre, die mit einer Luftpumpe in Verbindung steht, werden zwei Ringe von dünnem Draht (Aluminium) in 15 cm Entfernung angebracht und mit den Polen eines Induktoriums verbunden. Wird die Röhre evakuiert, so zeigen sich in ihr zuerst die Erscheinungen der Geifslerschen Röhren, und zwar sind die Entladungen oszillierend; die beiden äufseren Elektroden erscheinen gleichzeitig als Anode und Kathode. Bei weiterem Evakuieren entstehen in dem Raum zwischen den beiden Ringen blaugraue Strahlen, die alle Eigenschaften von Kathodenstrahlen besitzen, Phosphorescenz erregen, auch vom Magneten abgelenkt werden. In dem der andern Elektrode abgewandten Theil der Röhre entsteht ein wulstartiges Gebilde, das dem Einflufs des Magneten weniger unterliegt. Wird nur ein Ring mit dem Induktorium verbunden, dessen anderer Pol zur Erde abgeleitet ist, so treten die Strahlen zu beiden Seiten des Ringes auf. Bei sehr hohem Vakuum werden die Strahlen unsichtbar und sind dann nur an der Phosphorescenz erregenden Wirkung zu erkennen. Eine zwischen die beiden Ringe gebrachte Metallplatte sendet senkrecht zu ihrer Oberfläche von ihrem Mittelpunkte intensive Strahlen aus, die lebhafte Phosphorescenz und Röntgenstrahlen erzeugen.

Die diffuse Zerstreuung der Kathodenstrahlen in verschiedenen Gasen untersuchte W. Kaufmann (*Wied. Ann. 69, 95; 1899*). Ein begrenztes Bündel Kathodenstrahlen wurde durch einen Messingcylinder geleitet, der mit verschiedenen Gasen gefüllt werden konnte; ein Teil der Strahlen wurde von den Gasteilchen zerstreut und gab an die Wände des Cylinders seine Ladung ab, die durch ein damit verbundenes Galvanometer gemessen werden konnte. Der Hauptteil der Strahlen traf in einem zweiten Raum auf eine Aluminiumplatte, deren Ladung ebenfalls zu dem Galvanometer flofs. Gemessen wurde jedesmal das Verhältnis der beiden Ladungen. Daraus berechnete Verf. den „Zerstreuungscoëfficienten" b, d. h. die Abnahme der Gesamtladung in der Richtung der Strahlen. Diese Gröfse b ist abhängig von der Natur und dem Drucke p des Gases sowie von dem Entladungspotential V, bei dem die Strahlen erzeugt werden. Verf. giebt genauere Zahlen für Stickstoff, Kohlendioxyd und Kohlenoxyd. Es ergab sich, dafs bei demselben Gase die Gröfse $\beta = b \cdot V/p$, das „spezifische Zerstreuungsvermögen", nahezu const. ist. Bezeichnet M_0 das Molekulargewicht, ϱ den Radius der Wirkungssphäre des betreffenden Gasmoleküls, so erhält man für die drei genau untersuchten Gase $\beta\ 2\, M_0 \cdot \varrho =$ const. (nämlich bei $N_2 = 11{,}85 \cdot 10^9$, bei $CO_2 = 11{,}95 \cdot 10^9$, bei $CO = 11{,}60 \cdot 10^9$). Verf. versucht die beobachteten Erscheinungen auf Grund der Emissionstheorie der Kathodenstrahlen zu erklären, ohne jedoch zu völlig einwandfreien Ergebnissen zu gelangen.

Die Geschwindigkeit der in den Kanal- und Kathodenstrahlen fortgeschleuderten Teilchen wurde bisher gewöhnlich durch Ablenkungsbeobachtungen ermittelt. Wie P. Ewers (*Wied. Ann. 69, 167; 1899*) zeigt, kann man diese Gröfse aus der Combination einer Messung der Elektrizitätsmenge mit einer Energiemessung, d. h. einer kalorimetrischen Messung erhalten, wenn man den aus der Elektrolyse folgenden Wert für das Verhältnis der Ladung eines materiellen Theilchens zu seiner Masse (ε/m) zu Grunde legt. Da nach den Gesetzen der Elektrolyse 1 g-Äquivalent jedes Stoffes mit einer bestimmten Elektrizitätsmenge (96540 Coulomb) verbunden sind, so ist für N-wertige Atome vom Atomgewichte $A : \varepsilon/m = N/A \,.\, 9{,}654 \,.\, 10^3$ [$\mathrm{cm}^{1/2}\,\mathrm{g}^{1/2} : \mathrm{g}$] pro g. Unter der Annahme, dafs die Kanalstrahlen bei einer Eisenkathode aus fortgeschleuderten Eisenionen bestehen, berechnet der Verf. $\varepsilon/m = 345$, während Wien auf ganz anderem Wege 312,5 erhielt. Diese nahe Übereinstimmung spricht dafür, dafs die Kanalstrahlen in der That aus fortgeschleudertem Kathodenmaterial gebildet sind.

Zu den Messungen benutzte Ewers Kathoden aus feinem Drahtgewebe (Aluminium, Eisen, Platin); die Entladungen wurden in drei verschiedenen Gasen (Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure) untersucht. Sobald die Kanalstrahlen bemerkbar wurden, trat in dem die Anode nicht enthaltenden Teil der Röhre positive Elektrizität auf. Der Moment des ersten Auftretens von Kanalstrahlen erwies sich als vom Kathodenmaterial unabhängig; er ist dagegen von dem Druck der Gasfüllung in der Weise abhängig, dafs die molekularen Weglängen der verschiedenen Gase einen bestimmten gleichen Wert erlangt haben müssen. Bei einem Abstand der Auffangelektrode von der Kathode von 4 cm war jener Wert bei den Röhren des Verf. 0,541 mm. Bei denselben Drucken (0,261 mm für H_2, 0,141 mm für N_2, 0,094 mm für CO_2 haben auch die Querschnitte sämtlicher Moleküle im ccm den gleichen Wert, nämlich 3,24 qcm. In demselben Augenblick, wo die Kanalstrahlen aufzutreten anfangen, beginnt die Spannungsdifferenz zwischen Anode und Kathode, die vorher beständig abnahm, wieder zu wachsen. Ist die Evakuation soweit fortgeschritten, dafs die Bewegungsgröfse des geschleuderten Metalles gleich oder gröfser geworden ist als die Bewegungsgröfse der den Gasraum erfüllenden Moleküle, so beginnen die Kanalstrahlen eine gewisse Entfernung zu erreichen.

Der Verf. mafs sodann vermittelst eines Kalorimeters die durch das Auftreffen der Kanalstrahlen erzeugte Wärmemenge. Dieselbe betrug 11—18 % der zugeführten Gesamtenergie. Aus der Wärmemenge und dem für jede der drei Kathoden auf die beschriebene Art bestimmten Werte von ε/m läfst sich die Geschwindigkeit v der fortgeschleuderten Kathodenatome berechnen. Ewers fand v auf diese Weise für Aluminium bei 4600 Volt Spannung $= 5{,}73 \,.\, 10^7$ cm/sec, für Eisen bei 5200 Volt Sp. $= 3{,}6 \,.\, 10^7$ cm/sec, für Platin bei 5350 Volt Sp. $= 1{,}69 \,.\, 10^7$ cm/sec. Die der auffangenden Wand durch die Kanalstrahlen zugesandte Materie ist zu gering, um nachgewiesen zu werden: zum Absetzen von nur 1 mg Aluminium würden 288 Stunden erforderlich sein.

Dieselben Messungen wie für die Kanalstrahlen wurden auch für die Kathodenstrahlen ausgeführt. Das Maximum der von letzteren fortgeführten negativen Elektrizität hat denselben Wert wie das Maximum der von den Kanalstrahlen fortgeführten positiven Elektrizität, doch sind die Drucke verschieden. Von der Gasfüllung ist die übertragene Elektrizitätsmenge gänzlich unabhängig. Die Geschwindigkeit v wurde ebenso wie vorhin durch Messung der Wärmeenergie und Benutzung der auf anderem Wege gefundenen Gröfse ε/m bestimmt. Unter Annahme des von Kaufmann bestimmten Wertes von ε/m fand Verf. für Aluminium $v = 2{,}57 \,.\, 10^9$ cm/sec, einen Wert von derselben Gröfsenordnung wie der von Wien aus Ablenkungsversuchen bestimmte. Nahm man aber ε/m aus der Elektrolyse, so ergab sich für v eine 1000mal kleinere Gröfsenordnung. Es wird hiernach doch noch eine genaue Prüfung aller dieser Zahlenwerte und Methoden nötig sein, um zu einer befriedigenden Theorie der Strahlungsvorgänge zu gelangen.

Den Einflufs des Gasdrucks auf elektrische Ströme, die durch Röntgenstrahlen hervorgerufen werden, untersuchte W. Hillers (*Wied. Ann. 68, 196; 1899*). Ein



mit einer Luftpumpe verbundener Glasballon enthält eine Aluminium- und eine Kupferplatte parallel einander gegenüber; die Richtung der Röntgenstrahlen stand normal zu den Platten. Der von diesen zwischen den Platten erzeugte Strom wurde durch einen Condensator und ein Schwingungsgalvanometer gemessen. Der Ballon wurde mit Luft, Wasserstoff und Kohlensäure gefüllt und der Druck in demselben variiert. Es ergab sich, dafs die Luftfeuchtigkeit auf die Ströme und Spannungen keinen wesentlichen Einflufs ausübt. Bei allen 3 Gasen ist der Verlauf qualitativ derselbe; der Gang der Spannung sowie der der Stromstärke liefs sich durch je eine empirische zweiconstantige Formel darstellen. Die Leitfähigkeit von Luft, Kohlensäure und Wasserstoff bei Atmosphärendruck verhält sich wie 1:1,18:0,50. Auf die Gröfse der Spannungsdifferenz in Wasserstoff ist wahrscheinlich eine geringe Occlusion des Wasserstoffs in den Metallplatten von Einflufs.

Eine eigenartige Emissionshypothese der Kathoden-, Lenard- und Röntgenstrahlen entwickelt W. SUTHERLAND (*Phil. Mag. 47, 269; 1899*). Die Unabhängigkeit der Eigenschaften der Kathodenstrahlen von der Art des Gases führt den Verf. zu der Annahme, dafs die Strahlen der Hauptsache nach nicht von Gasionen, sondern von „Elektronen" gebildet werden, wo ein „Elektron" die kleinste vorkommmende Menge Elektrizität, eine Art Elektrizitätsmolekül, bedeutet. Von diesen Elektronen gäbe es zwei Arten, positive und negative, die gewöhnlich zu einem „Neutron" verbunden sind und nur durch besondere Kräfte gespalten werden können. Jede Leitung der Elektrizität ist Wanderung der Elektronen; daher mufs jeder Leiter die Neutronen in Elektronen spalten, während Nichtleiter dieses nicht vermögen. Das Vakuum ist ein Isolator, bis die elektrische Kraft die Neutronen spaltet; dann wird es ein Leiter von der Art eines Elektrolyten. Dann werden negative Elektronen, zugleich mit einigen Gasionen, von der Kathode fortgeschleudert und bilden die Kathodenstrahlen. Diese sind demnach die einfachste Form eines elektrischen Stromes. Die Kleinheit der Elektronen, die Verf. auf 1 Millionstel der Körpermoleküle berechnet, gestattet ihnen, die Molekularzwischenräume zu durchdringen; viele werden dabei durch die Moleküle von ihrer geradlinigen Bahn abgelenkt und bilden nach der Durchsetzung eines Aluminiumblattes diffuse Lenardsche Strahlen.

Gleich den Körper-Molekülen haben nach des Verf. Ansicht auch die Elektronen noch eine innere Struktur. Stofsen sie auf Körperatome, so geben sie diesen einen Teil ihrer Energie in Form von Wärme ab; ein anderer Teil der Energie wird zu inneren Schwingungen jedes Elektrons, und diese inneren Schwingungen erzeugen im Aether die Röntgenstrahlen. Letztere wären also auch Aetherwellen, die aber in demselben Verhältnis kleiner sind als die Lichtwellen, wie die sie erzeugenden Elektronen kleiner sind als die Körpermoleküle. Da sie die Molekularzwischenräume leicht durchsetzen, so können sie weder reflektiert noch gebrochen werden. Auch die andern Eigenschaften der Kathoden- und Röntgenstrahlen sucht der Verf. mit dieser Theorie zu erklären.

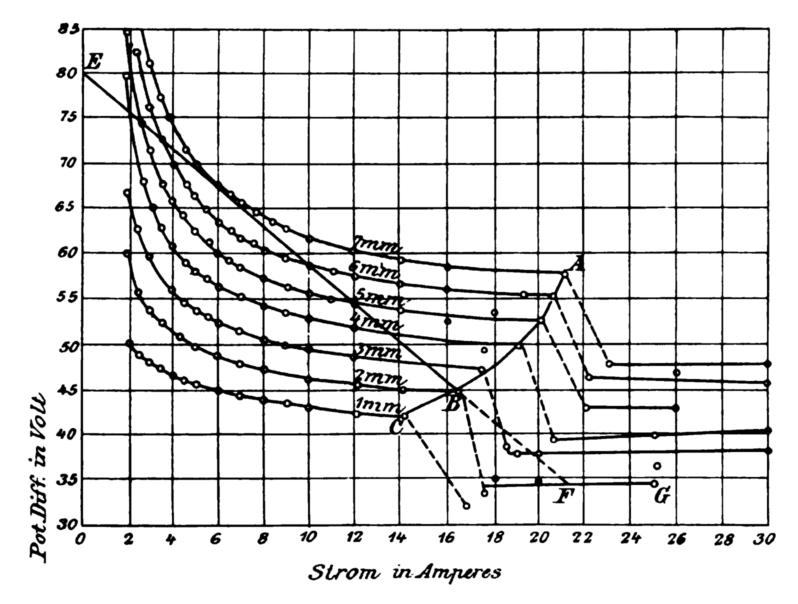
Beugungsversuche und Wellenlängenbestimmung der Röntgenstrahlen unternahm M. MAIER (*Wied. Ann. 68, 903; 1899*). Die nach Analogie der Optik gebildeten Versuche über eine Beugung der Röntgenstrahlen, die Verf. in grofser Zahl anstellte, hatten sämtlich ein negatives Ergebnis. Er wandte sich daher zu der von Fomm angegebenen Methode (*d. Ztschr. X 103*) und erhielt mit Crookesschen oder Hittorfschen Röhren die Fommschen Streifen, aus denen er mit Hülfe der Lommelschen Formel die Wellenlänge zu 0,000015 mm berechnete. Da Fokusröhren diese Streifen in keiner Weise ergaben, mufste die Berechtigung der angewandten Methode und der daraus gezogenen Schlüsse schon sehr zweifelhaft erscheinen. Sie wird dieses um so mehr, als in einer fast gleichzeitigen Arbeit H. HAGA und C. H. WIND nachweisen (*Wied. Ann. 68, 884; 1899*), dafs die Fommschen Streifen einer optischen Täuschung zugeschrieben werden müssen. Die Erscheinung läfst sich auch mit Licht herstellen und ist bereits 1866 von E. Mach beschrieben worden. Geht Licht zuerst durch einen breiteren, dann durch einen engeren Spalt, so ist auf einem gegenüberliegenden Schirm die objektive Intensität in einem mittleren Raum am gröfsten; subjektiv aber erscheinen die an diese mittlere Zone angrenzenden Stellen von gröfserer Helligkeit.



Diese Stellen erscheinen auf dem photographischen Negativ dunkler als die Partieen rechts und links: das sind die Fommschen Streifen.

Trotz dieser Erklärung des Fommschen Versuchs glaubten die Verff. bei einer anderen Versuchsanordnung eine Beugung der Röntgenstrahlen wahrnehmen zu können. Sie machten den zweiten Spalt keilförmig, oben 14 μ, unten 1 bis 2 μ. Der erste Spalt war 25 μ breit und in 75 cm Entfernung von dem zweiten. Das Bild des keilförmigen Spalts wurde auf einer photographischen Platte entworfen und hier mikroskopisch untersucht. Es ergab sich hierbei, dafs von einem Punkte an die Breite des Bildes nicht überall dieselbe war: es zeigten sich abwechselnd Stellen von geringerer und gröfserer Breite, während doch der Spalt selbst fortwährend schmäler wurde. Diese Verbreiterungen glauben die Verff. nicht anders als durch Beugung der Röntgenstrahlen erklären zu können. Die an den verschiedenen Stellen auftretenden Verbreiterungen weisen auf ein ganzes Spektrum von Strahlen hin. Infolge der geringen Intensität des Spaltbildes an den breiteren Stellen war eine genaue Bestimmung der Wellenlängen unmöglich. Mit Benutzung einer von Fresnel aufgestellten Formel gelangten die Verff. zu einer Schätzung der Wellenlänge, die unter einigen Zehnteln $\mu\,\mu$ liegen dürfte. *Schk.*

Das Zischen des elektrischen Lichtbogens. Von Mrs. W. E. Ayrton (*Nature*, *Vol. 60, S. 282 u. S. 302; 1899*). Zwei Geräusche treten bei Stromöffnung in dem Lichtbogen auf, das Summen und das Zischen, wobei das summende Geräusch den Übergang zwischen dem stillen und dem zischenden Lichtbogen bildet. Die Verfasserin untersucht die Beziehungen dieser Erscheinung zu Spannung, Stromstärke und Bogenlänge. Die Kurven (s. Fig.) haben als Abscisse die Stromstärke in Ampère, als Ordinate die Potentialdifferenz zwischen den



Kohlen in Volt; die Länge des Lichtbogens variierte von 1 bis 7 mm, wurde aber bei jeder Beobachtungsreihe sorgfältig constant gehalten. Von links an verläuft jede Kurve mit wachsendem Strom zunächst ziemlich gleichmäfsig, bis ein bestimmter Punkt erreicht ist, wo sie plötzlich abbricht und sich weit unterhalb rechts von jenem Punkte in einer geraden Linie fortsetzt. Dieses Abbrechen der Kurve tritt immer ein, wenn der Strom einen solchen Wert hat, dafs der Bogen nicht länger geräuschlos sein kann. Die punktierten Linien, welche die Kurven der stillen Bögen mit den geraden Linien der zischenden Bögen verbinden, zeigen Stromwerte an, die bei der betreffenden Länge nicht durch den Bogen hindurchfliefsen. Eine nähere Prüfung der Kurven führt zu folgenden Ergebnissen. 1. Ist die Bogenlänge constant und der Bogen geräuschlos, so kann er durch genügende Vergröfserung der Stromstärke zum Zischen gebracht werden. 2. Ist der Strom constant und der Bogen



still, so kann durch Verkürzung das Zischen hervorgebracht werden. 3. Der einen geräuschlosen Bogen unterhaltende maximale Strom ist um so gröfser, je länger der Bogen ist. 4. Wenn der Bogen zu zischen anfängt, fällt die Potentialdifferenz plötzlich um 10 Volt und die Stromstärke plötzlich um 2 bis 3 Ampère. 5. Solange der Bogen zischt, ist die Potentialdifferenz bei einer gegebenen Bogenlänge constant, wie grofs auch der Strom sein mag.

Verbindet man die Zischpunkte A, B, C durch eine Kurve, so giebt diese das zwischen Potentialdifferenz, Stromstärke und Bogenlänge bestehende Gesetz. Man sieht, dafs, obwohl Bogenlänge und maximale Stromstärke des stillen Bogens mit einander wachsen, sie doch nicht ganz proportional sind; jedes der Bogenlänge hinzugefügte Millimeter hat eine immer kleiner werdende Zunahme des Maximalstromes zur Folge, so dafs es endlich einen Strom geben mufs, der bei Verlängerung des Bogens nicht mehr zunimmt. Für jedes Paar Kohlen giebt es also einen maximalen Wert des Stromes, bei dem der Bogen noch geräuchlos bleiben kann, und jeder gröfsere Strom bringt ihn zum Zischen, wie grofs auch die Bogenlänge sein mag.

Die nähere Untersuchung der kleinsten Stromstärken, bei denen der Bogen zischt, zeigte, dafs diese allein von der elektromotorischen Kraft der Dynamomaschine abhängt. Je kleiner letztere ist, um so gröfser wird das Stromminimum, bei dem ein Bogen von gegebener Länge gerade zischt; könnte man die E.M.K. unendlich grofs machen, so würden der Maximalstrom des geräuschlosen und der Minimalstrom des zischenden Lichtbogens den gleichen Wert besitzen, d. h. es würde, während die Potentialdifferenz plötzlich sinkt, die Stromstärke ungeändert bleiben.

Bei Verstärkung des Stromes beobachtet man eine deutliche Veränderung in dem Aussehen der Kohlenenden und des Bogens. Es bildet sich an der positiven Kohle ein Krater, und der Bogen beginnt bald zu oscillieren, bald sich zu drehen. Diese Bewegung wird mit dem Wachsen des Stromes immer schneller; ist der Strom so stark, dafs das Auge der Bewegung nicht mehr folgen kann, so beginnt der Bogen zu summen und rotiert dabei, wie schon 1894 von Trotter gezeigt wurde, mit 50 bis zu 450 Umdrehungen in der Sekunde. Sobald das Zischen beginnt, ändert sich wieder das Aussehen des Kraters; eine Art Wolke scheint einen Teil davon im Kreise herumzuziehen; sie bewegt sich dabei von aufsen nach innen und ändert fortwährend Gestalt und Lage. Die Oberfläche zeigt helle und dunkle Stellen und sieht gefleckt aus. Wird der Strom jetzt verringert, so dafs der Bogen zu zischen aufhört, so wird die Oberfläche des Kraters für einen Augenblick dunkel, dann an einigen Stellen hell und zuletzt erst wieder ganzleuchtend.

Auch der dampfförmige Teil des Bogens ändert Aussehen und Gestalt, sobald das Zischen anfängt. Ein intensiver grüner Lichtschein umgiebt dann den ganzen Bogen, während das Innere des purpurnen Kerns glänzendes, blaugrünes Licht ausstrahlt. Ist der Bogen still, so ist seine Form rund und erscheint sehr beständig; beginnt er zu zischen, so scheint er plötzlich herauszutreten und sich abzuflachen, als stände er unter dem Einflufs einer senkrecht zu der Kohlenachse wirkenden Centrifugalkraft. Wahrscheinlich tritt auch, wie vorhin erwähnt, eine Rotation des Bogens ein.

Die negative Kohle erhält während des Zischens einen pilzförmigen Ansatz. Von gröfserer Wichtigkeit ist die Veränderung der positiven Kohle. — Während bei dem stillen Bogen die Spitze mehr oder weniger gerundet ist und der Krater an dem kleinsten Querschnitt liegt, wird bei dem zischenden Bogen die Spitze cylindrisch und der Krater gröfser. Wenn der Krater nur das Ende der positiven Kohle einnimmt, ist der Bogen geräuschlos; wenn er nicht nur das Ende bedeckt, sondern sich auch auf die Seite erstreckt, so zischt der Bogen.

Die Verfasserin zeigt nun, dafs die Ausdehnung des Kraters zur Seite hin nicht die Wirkung, sondern die Ursache des Zischens bildet. Mit der Stromstärke und der Bogenlänge wächst der Krater; wenn jene einen bestimmten Wert überschreiten, kann der Krater sich in dem Querschnitt der Kohle nicht weiter ausdehnen, sondern mufs nach der Seite zu wachsen. So lange der Krater nur die Endfläche des Kohlenstabes einnimmt, wird er durch Kohlendampf vor dem Zutritt der Luft geschützt, geht er aber nach der Seite, so tritt die



Luft heran, so dafs seine Oberfläche verbrennt, anstatt wie vorher, sich nur zu verflüchtigen. Die Luft dringt zuerst durch eine kleine Öffnung zum Krater und bringt das summende Geräusch hervor; sobald sie ihn wirklich erreicht und die Verbrennung beginnt, fällt die Potentialdifferenz und der Bogen zischt. Auch die Lichterscheinungen lassen sich durch die eintretende Verbrennung erklären.

Um die Richtigkeit der gegebenen Erklärung zu erweisen, wurde der Bogen in einen Schmelztiegel eingekittet, zu dem die Luft keinen Zutritt hatte. Der Strom konnte jetzt in der That weit über den früheren Maximalwert verstärkt werden, ohne dafs die plötzliche Verminderung der Potentialdifferenz und das Zischen eintrat. Die hierbei erhaltenen Kurven zeigten den plötzlichen Abfall nicht. Wurde andererseits einem ganz stillen Bogen von nur 10 Ampère Luft zugeblasen, so fiel sofort die Potentialdifferenz, und das Zischen trat ein Dieselbe Wirkung wurde mit Einblasen von Sauerstoff erzielt, nicht aber mit Stickstoff und Kohlensäure. Blies man Luft oder Sauerstoff gegen die negative Kohle, so dafs der Krater der positiven nicht getroffen wurde, so trat ebenfalls keine Verminderung der Potentialdifferenz ein.

Sobald die Verbrennung der Kohle eintritt, legt sich eine Wolke des Verbrennungsgases über den Krater und hindert für einen Moment den Luftzutritt; ist das Gas zerstreut, so kann die Luft wieder heran, es bildet sich eine neue Wolke u. s. f. Es entstehen also Vibrationen der Luft; sie sind die Ursache des zischenden Geräusches. Mit einer Asbestfaser liefsen sich die Vibrationen sichtbar machen. Zugleich treten Oscillationen der Potentialdifferenz auf, die bereits früher von anderen Autoren nachgewiesen wurden. *Schk.*

Photographie im Dunkeln. Über Bilder, die im Dunkeln auf photographischen Platten entstehen, hielt W. J. Russell am 5. Mai 1899 einen Vortrag in der Royal Institution. (*Nature 60, 208; 1899.*) Sowohl Metalle als auch gewisse Pflanzenstoffe wirken im Dunkeln auf photographische Platten ein. Diese Fähigkeit zeigen folgende nach dem Grade ihrer Einwirkung geordnete Metalle: Magnesium, Cadmium, Zink, Nickel, Aluminium, Blei, Wismuth, Zinn, Kobalt und Antimon. Sie wirken im allgemeinen langsamer als das Licht; doch kann man ein Bild unter günstigen Umständen in zwei oder drei Sekunden erzeugen. Eine Berührung zwischen den Metallen und der Platte ist nicht erforderlich. Viele Legierungen wie Hartzinn, Schnelllot, Messing besitzen die gleiche Eigenschaft. Beim Messing steigt die Wirkung mit dem Zinkgehalt. Von den organischen Körpern erzeugen alle Terpene oder terpenhaltige Stoffe Bilder auf der photographischen Platte, z. B. Terpentin, Kopallack. Dipenten liefert nach sehr kurzer Zeit ein schwarzes Bild, das bei weiterer Einwirkung wieder verschwindet. Terpenhaltige ätherische Oele, wie Bergamotöl, Lawendelöl, Pfefferminzöl, Citronenöl u. s. w., Parfüme, wie Kölnisches Wasser u. s. w., ferner Zimmt, Kaffee, Thee, Wein, Branntwein, Leinöl, Olivenöl, aber nicht Mineralöle, wie Paraffinöl, wirken auf die photographische Platte ein. Körper, die die genannten Stoffe enthalten, wie Holz, Pfauenfedern, Schmetterlingsflügel, Druckerschwärze u. s. w. sind ebenfalls aktiv. Die erwähnten Körper wirken durch Gelatineblätter, Celluloid, Goldschlägerhaut, Eiweifs, Collodium, Guttapercha, Papier und Pergament, nicht aber durch Paraffin, Schreibtinte und einige moderne Papiersorten hindurch. — Moser nahm vor fünfzig Jahren an, dafs die Bilder auf polierten Metallplatten durch „dunkles Licht“ entständen, später glaubte man, dafs die Bilder durch Metalldämpfe erzeugt würden. Russell weist hingegen nach, dafs Wasserstoffsuperoxyd die Wirkung auf die photographische Platte im Dunkeln hervorruft. Alle oben aufgezählten photographisch aktiven Metalle haben die Eigenschaft, Wasserstoffsuperoxyd zu entwickeln, wenn man sie der Luft und der Feuchtigkeit aussetzt, und zwar in demselben Grade, wie sie auf die Platte einwirken. Die aktiven organischen Körper gehören im wesentlichen der Terpengruppe an, die Terpene aber besitzen ebenfalls die Eigenschaft, Wasserstoffsuperoxyd in Gegenwart von Feuchtigkeit und Luft zu bilden. Russell weist nach, dafs man die mit Metallen und organischen Körpern im Dunkeln erzielte photographische Wirkung durch die Benutzung von Wasserstoffsuperoxyd ebenfalls erhalten kann, und dafs auch dieses durch die oben erwähnten Körper hindurch wirkt. *H.-M.*



3. Geschichte.

Goethes optische Studien. Überaus würdig ist Goethes Andenken gelegentlich seines 150. Geburtstages durch eine Festrede geehrt worden, die W. König im physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. am 26. August 1899 gehalten hat. Der auch in formaler Hinsicht vollendeten Rede, deren Lektüre dringend empfohlen werden kann, entnehmen wir die folgenden Einzelheiten. Dem Vortragenden gilt die Farbenlehre so gut wie Faust und Wilhelm Meister als ein untrennbarer Teil des grofsen geistigen Complexes, der den Namen Goethe trägt. Er sucht sie daher aus der ganzen Persönlichkeit heraus zu verstehen und legt zunächst dar, wie Goethe durch Beobachtungen in der Natur und an Kunstwerken auf die Gegensätzlichkeit der Farben geführt wurde. Auch in den Farben des durch ein Prisma gebrochenen Lichtes an den Rändern weifser Flächen erkannte Goethe denselben Gegensatz. Er glaubte in dieser Sache tiefer zu sehen als die Physiker seiner Zeit und opferte den Untersuchungen über die Farben mit beispielloser Energie Jahre seines Lebens. Er handelte dabei unter dem Zwange der Vorstellung, dafs er auch auf diesem Gebiete eine Mission an die Menschheit zu erfüllen habe; er fühlte die Verpflichtung, das, was sich ihm als grofse Wahrheit erschlossen hatte, der Welt in möglichst eindringlicher und überzeugender Form zu übermitteln.

An der Hand von geschickt ausgewählten Demonstrationsversuchen wird darauf das Goethesche System der Farbenlehre auseinandergesetzt. Goethe wendete vornehmlich den physiologischen Farben sein Interesse zu und entwickelte deren Theorie an den Erscheinungen der Nachbilder, der simultanen und successiven Contraste, dem farbigen Abklingen farbloser blendender Bilder. In allen diesen Erscheinungen erkannte er die Gegensätze von Gelb und Blau, Rot und Grün als herrschend; er ist durch diese Erkenntnis geradezu ein Vorläufer der neueren Heringschen Farbentheorie gewesen (worauf auch im letzten Jahr der Ophthalmologe Stilling in Strafsburg anläfslich eines Vortrages für das Goethe-Denkmal, Strafsburg, K. J. Trübner, 1899, hingewiesen hat). Ein zweites Verdienst Goethes um die Optik besteht darin, dafs er auf Grund seiner Versuche über trübe Medien zuerst die richtige Erklärung der blauen Farbe des Himmels gegeben und gegen die damaligen anderen Ansichten der Physiker vertreten hat. Ein Irrtum war es, dafs er auch die Farben des Prismas aus der Übereinanderlagerung eines helleren und eines dagegen verschobenen schwächeren Bildes ableitete. Indem er gelb und blau als Grundfarben gegenüberstellt, rot und violett als Steigerungen von diesen auffafste, endlich den Kreis durch Grün und Purpur schlofs, gelangte er zu einem Schema, das die stetige Folge unserer Farbenempfindungen darstellte. In dieser Darstellung der physiologischen Farben sah er die Hauptaufgabe der Optik und glaubte, als selbstverständlich voraussetzen zu dürfen, dafs das Verhältnis dieser subjektiven Farben sich auch bei ihren aufser dem Auge liegenden Ursachen, den physikalischen Farben, wiederfinden müsse. Diese auch von Schopenhauer geteilte Annahme aber war falsch, wie W. König durch einen Vergleich mit den Gehörsempfindungen verdeutlicht. Bei aller Bewunderung für die Grofsartigkeit der Absicht hat man hier die Stelle zu erkennen, wo Goethe mit der Durchführung seines Systems scheitern mufste.

Bei Besprechung des übrigen Inhalts der Farbenlehre hebt der Vortragende die umfassenden Kenntnisse und die Sorgfalt hervor, mit der alle Erscheinungen studiert und beschrieben sind. Erwähnung verdient, dafs Goethe u. a. 42 Jahre vor Haidinger das nach diesem benannte Gesetz ausgesprochen hat, dafs auf der Oberfläche fester Pigmente ein entschiedener Metallglanz erscheint, in dem die zum Farbstoff complementäre Farbe spielt, z. B. Kupferfarbe an Indigo. Auch die Kenntnis der Fluorescenz eines Aufgusses von Rofskastanienrinde verdanken wir ihm. Ferner hat Goethe die sogenannte Farbenblindheit als eine Anomalie des gewöhnlichen Farbensehens richtig erkannt und in zwei Fällen genau untersucht und beschrieben.

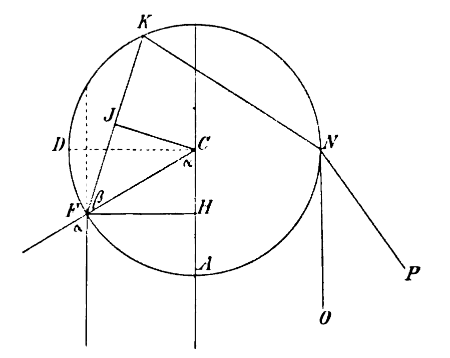
Als der Leitstern, der die Schritte Goethes auch bei diesen Untersuchungen lenkte, wird seine grofse einheitliche Natur- und Weltauffassung bezeichnet; insbesondere ist es die Polarität, die ihm geradezu als die Grundform alles Geschehens erscheint. Das Geeinte zu entzweien, das Entzweite zu einigen, ist das Leben der Natur. Auch die gegensätzlichen

Gestalten in seinen Dramen sind zusammengehörige Seiten eines Ganzen, es ist seine Totalität, die er in solchem Gegensatze zu erschöpfen sucht. Es ist daher in der That der ganze Goethe, der aus der Farbenlehre zu uns spricht; seine gewaltige Gestalt steht auch für uns Naturforscher als höchstes Vorbild selbsloser Hingabe an das Streben nach reiner Erkenntnis an der Schwelle dieses Jahrhunderts der Naturwissenschaften. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Die Regenbogentheorie von Descartes. Im Anschlusse an den Aufsatz des Herrn F. M. Pernter in d. Zeitschr. *XII 338* und an den ebenda *S. 366* veröffentlichten Bericht sollen, wie bereits angekündigt, im Nachstehenden einige Mitteilungen über die ursprüngliche Theorie von Descartes gemacht werden. Wir halten uns dabei an die Ausgabe der Dioptrik, die sich in den *Specimina philosophiae . . . ex Gallico translata et ab auctore perlecta variisque locis emendata* von 1656 findet. Dort heifst es (S. 264) in Bezug auf den Weg des Lichtes in einem Wassertropfen: „Ich habe gefunden, dafs nach einer Reflektion und zwei Brechungen sehr viel mehr Strahlen unter dem Winkel von 41 bis 42° gesehen werden können als unter irgend einem kleineren, und dafs unter gröfserem Winkel überhaupt kein Strahl mehr auftritt. Ferner habe ich gefunden, dafs nach zwei Reflektionen und ebenso viel Brechungen viel mehr Strahlen unter 51 oder 52° zum Auge gelangen als unter irgend einem gröfseren, und dafs unter kleinerem Winkel keine mehr erblickt werden, so dafs auf beiden Seiten das Licht von Dunkelheit begrenzt ist. Das Licht gelangt, nachdem es unzählige von der Sonne erleuchtete Tropfen durchsetzt hat, endlich unter dem Winkel von 42° zum Auge und erzeugt so den ersten Regenbogen.“ Ebenso werde auch der zweite Regenbogen erzeugt; der Halbmesser des inneren Bogens könne nicht grösser als 42° sein, der des äufseren nicht kleiner als 51°, und schliefslich folge, dafs der innere Bogen an seiner Aufsenseite schärfer begrenzt sei als an der Innenseite, der äufsere dagegen grade umgekehrt, was alles mit der Erfahrung übereinstimme.

Der genauere Nachweis dafür, dafs die Lichtstrahlen in der bezeichneten Richtung zahlreicher seien, wird in einer Weise geführt, die auch für den Unterricht noch heute Interesse bietet. Descartes betrachtet, wie die Figur darstellt, Strahlen, die senkrecht zum Halbmesser CD auffallen. Er denkt sich den Radius CD in 10 000 gleiche Teile geteilt und berechnet die Ablenkung von Strahlen für solche Punkte F des Kreisumfanges, für welche der Abstand FH gleich 1000, 2000 u. s. f. Teilen von CD ist. Das Verhältnis $\sin\alpha : \sin\beta$ ist in der Figur durch das Verhältnis der Strecken $FH : CJ$ dargestellt. Der Winkel des austretenden Strahls NP gegen die Einfallsrichtung ist mit ONP bezeichnet. Die Berechnung ergiebt unter Zugrundelegung von $n = 250/187$:



Linie HF	Winkel ONP
1 000	5° 40′
2 000	11° 19′
3 000	17° 56′
4 000	22° 30′
5 000	27° 52′
6 000	32° 56′
7 000	37° 26′
8 000	40° 44′
9 000	40° 57′
10 000	13° 40′

Hieraus sei zu ersehen, dafs die Strahlen, für die der Winkel ONP ca. 40° grofs sei, weit zahlreicher (longe plures) seien, als für die er kleiner sei. Um die Gröfse dieses Winkels noch genauer zu finden, wird die zweite, nachstehende Tabelle, in der die Länge von HF von 100 zu 100 Teilen fortschreitet, berechnet.



HF	ONP
8000	40° 44′
8100	40° 58′
8200	41° 10′
8300	41° 20′
8400	41° 26′
8500	41° 30′
8600	41° 30′
8700	41° 28′
8800	41° 22′
8900	41° 12′
9000	40° 57′
9100	40° 36′
9200	40° 41′
9300	39° 26′
9400	38° 38′
9500	37° 32′
9600	36° 6′
9700	34° 12′
9800	31° 31′

Hieraus wird gefolgert, dafs der gröfste Wert von *ONP* 42° 30′ sei, und dafs man den gröfsten Halbmesser des Hauptregenbogens finde, wenn man hierzu ca. 17′ für den Halbmesser der Sonne hinzufüge. Ähnlich wird für den zweiten Regenbogen der kleinste Winkel gleich 51° 54′ gefunden, wovon der Sonnenhalbmesser abzuziehen ist. Man sieht, dafs in der Descartesschen Regenbogentheorie in der That von parallelen Strahlen nicht die Rede ist und dafs an den Ausführungen von Descartes durch keine spätere Theorie etwas Wesentliches geändert zu werden brauchte. Die Entstehung der Farben dagegen erklärt Descartes, wie schon früher erwähnt, in ganz unzureichender Weise. Er sieht die Analogie mit den Farben des Prismas, aber er führt beide darauf zurück, dafs die feinen Teilchen, durch deren Bewegung er das Licht hervorgebracht denkt, an der Grenze von Licht und Dunkelheit eine andre Bewegungsart annehmen als inmitten des Lichten und dafs die allmähliche Abstufung dieser Wirkung sich in der Aufeinanderfolge der Farben zu erkennen gebe. Die auf die Dispersion des Lichtes gegründete Erklärung der Regenbogenfarben rührt, wie schon früher angegeben, von Newton her[1]. *P.*

Die Methoden der theoretischen Physik. Über die Entwicklung der Methoden der theoretischen Physik in der neueren Zeit hat L. Boltzmann in der Versammlung d. Naturf. und Ärzte zu München einen Vortrag gehalten, der sich in der *Naturwiss. Rundschau 1899 No. 39—41* sowie in der *Physik. Zeitschr. No. 5—9* abgedruckt findet. Nach einem Rückblick auf die Theorie der Fernkräfte und die Atomtheorie werden die Leistungen Maxwells besprochen und darauf hingewiesen, dafs dieser selbst seine Theorie nur als ein Bild der Natur, als eine mechanische Analogie aufgefafst wissen wollte. Bei Darlegung der an Maxwell anschliessenden neueren Entdeckungen wird bemerkt, dafs die Erklärung der Röntgenstrahlen als longitudinaler Wellen des Lichtäthers noch heute durch keine einzige Thatsache widerlegt sei. Es wäre damit eine Forderung der älteren Theorie des Äthers erfüllt, während die neuere ebenfalls damit vereinbar ist. An diesem Beispiel (und ähnlichen) zeigt sich, wie vorsichtig man damit sein mufs, in der Bestätigung einer Consequenz einen Beweis für die unbedingte Richtigkeit der Theorie zu erblicken. Gemäfs der Anschauung Maxwells stimmen oft Bilder, die in vielen Fällen der Natur angepafst waren, „automatisch“ auch in manchen anderen Fällen, ohne dafs man daraus auf durchgängige Übereinstimmung schliefsen darf.

Boltzmann macht dann darauf aufmerksam, dafs ein Gedanke der Kirchhoffschen Mechanik, wenn man dessen letzte Consequenzen ziehe, direkt zu den Ideen von Hertz führe. Kirchhoff definiere den Begriff der Masse nur für den Fall, dafs beliebige Bedingungsgleichungen zwischen den materiellen Punkten bestehen. In anderen Fällen dagegen, wo die materiellen Punkte sich ohne Bedingungsgleichungen so bewegen, als ob Fernkräfte zwischen ihnen wirksam wären, schwebe dieser Massenbegriff in der Luft. Hertz wolle auch in den letzteren Fällen nur Bewegungen zulassen, für welche von ihm genauer definierte Bedingungen

[1]) Herr Prof. Pernter ersucht uns im Hinblick auf die Anmerkung in *XII 346* um die Feststellung, dafs die von ihm a. a. O. mitgeteilte Farbenfolge nicht nur theoretische Berechnung sei. In seiner Abhandlung in den Wiener Sitz.-Ber. 106 Abt. II a habe er auf S. 54—56 die experimentelle Bestätigung seiner Rechnung für Tropfen von 1 mm und 0,5 mm Durchmesser mitgeteilt und ebenda S. 202—203 die Übereinstimmung von Theorie und Beobachtung für den weifsen Regenbogen mit Tröpfchen von 5,3 und von 8,4 Mikron Radius nachgewiesen. Überdies lägen für den weifsen Regenbogen bei 25 Mikron Tropfenradius zwei Beobachtungen aus der Natur vor, die mit der Theorie übereinstimmten. Diese sei daher als durch Experiment und Beobachtung vollständig erhärtet anzusehen.

bestehen. Hertz suche daher die Kraft in viel vollkommenerem Sinne als Kirchhoff zu eliminieren, obwohl dies nur durch die Annahme verborgener, selbst in Bewegung befindlicher Massen möglich sei. Boltzmann bezeichnet den Wert dieser Annahme als einen rein akademischen, da es selbst in ganz einfachen Beispielen nicht gelungen sei, solche Massen nachzuweisen. Einstweilen sei die ältere Mechanik die einzige, die die Erscheinungen in klarer Weise darzustellen vermöge. Hertz bringe den Physikern deutlich zum Bewufstsein, dafs jede Theorie nur ein Bild der Erscheinungen sei, das sich mit diesen nicht decke, sondern sich zu ihnen verhalte, wie das Zeichen zum Bezeichneten. So reduziere sich auch die Frage, ob die Materie atomistisch zusammengesetzt oder ein Continuum sei, auf die viel klarere, ob die eine oder die andere Vorstellung ein besseres Bild der Erscheinungen zu liefern vermöge.

Der neueren Energetik macht der Verfasser den Vorwurf, dafs sie von dem Alten manches Gute, ja Unentbehrliche mit verwarf, und dafs ihre Gesetze der in der klassischen Physik üblichen, klaren und eindeutigen Fassung, ihre Schlüsse der dort herausgearbeiteten Strenge entbehrten. Eingehender bespricht er dann die neuere phänomenologische Richtung, deren extremsten Ausdruck der Ausspruch von Hertz darstellt, man möge Maxwells elektromagnetische Grundgleichungen, nachdem man sie einmal habe, ohne jede Ableitung hinschreiben und in ihrer steten Übereinstimmung mit den Erscheinungen den besten Beweis ihrer Richtigkeit erblicken. Die allgemeinere Form der Phänomenologie bestehe darin, jede Thatsachengruppe durch Aufzählung und Schilderung der Erscheinungen zu beschreiben, aber unter Verzicht auf jede einheitliche Naturauffassung, auf jede mechaniche Erläuterung oder sonstige Begründung. Wenn die Phänomenologie aber glaube, die Natur darstellen zu können, ohne irgendwie über die Erfahrung hinauszugehen, so sei das eine Illusion. Denn keine Gleichung stelle irgendwelche Vorgänge absolut genau dar, jede idealisiere sie, hebe Gemeinsames heraus und sehe von Verschiedenem ab, gehe also über die Natur hinaus. Die Phänomenologie irre auch, wenn sie kein Bild für die Natur zu setzen glaube, denn die Zahlen, ihre Beziehungen und Gruppierungen seien gerade so Bilder der Vorgänge, wie die geometrischen Vorstellungen der Mechanik. Es werde daher der beste Erfolg erzielt werden, wenn man alle Abbildungsmittel je nach Bedürfnis verwende, aber nicht versäume, die Bilder auf jedem Schritte an neuen Erfahrungen zu prüfen. Insbesondere sei die atomistische Theorie noch keineswegs abgethan. Nur bei gedankenlosem Gebrauch mathematischer Symbole könne man glauben, dafs sich die Differentialgleichungen der theoretischen Physik von atomistischen Vorstellungen trennen lassen. Auch sei die Atomistik neuerdings keineswegs so unfruchtbar gewesen, wie ihr von Gegnern vorgeworfen werde. Die van der Waalssche Zustandsgleichung sei aus rein molekulartheoretischen Prinzipien abgeleitet und ebensolche Überlegungen wiesen auch in neuester Zeit den Weg zur Verbesserung der Formel, so dafs grade die Atomistik sich dem phänomenologischen Ideal einer alle Körperzustände umfassenden mathematischen Formel am meisten genähert habe. Die Atomistik habe ferner viel zur Versinnlichung und Ausarbeitung der Dissociationstheorie von Gibbs beigetragen. Sie habe endlich zu einer erheblichen Aufklärung hinsichtlich des Verhältnisses der beiden Wärmecapazitäten der Gase geführt. Denn der von Clausius für einfachste Gase, deren Moleküle sich wie elastische Kugeln verhalten, berechnete Wert $1^2/_3$ sei nicht nur von Kundt und Warburg für Quecksilberdampf, sondern ganz neuerdings für alle von Lord Rayleigh und Ramsay entdeckten neue Gase gefunden, bei denen alle Umstände, wie schon beim Quecksilberdampf, auf einen besonders einfachen Bau der Moleküle hinweisen. Alle diese Leistungen und zahlreiche früheren Errungenschaften seien durch die Phänomenologie oder die Energetik absolut nicht zu gewinnen. Die Atomistik sei daher noch keineswegs aufzugeben, wohl aber habe man den Vorstellungen über die Natur der Moleküle den weitesten Spielraum zu lassen, da man für deren nähere, gewifs enorm complizierte Beschaffenheit erst noch Anhaltspunkte zu gewinnen suchen müsse. Neben der Atomistik könne die ebenfalls unentbehrliche, von jeder Hypothese losgelöste Präcisierung und Diskussion der Gleichungen einhergehen, ohne dafs letztere ihren mathematischen Apparat, erstere ihren materiellen Punkt zum Dogma erhebt. *P.*



5. *Technik und mechanische Praxis.*

Die Unterbrechungsvorrichtungen für Induktionsapparate unterzieht Friedrich Dessauer in der *E. T. Z. 20, 220; 1899* einer vergleichenden Betrachtung, wobei er drei Forderungen aufstellt: langen Contakt, plötzliche Unterbrechung und ausreichende Unterbrechungszahl. Ein Fehler ist allen Quecksilberunterbrechern eigen: die starke Oxydation der Contaktstellen. Der gewöhnliche Quecksilberinterruptor leidet aufserdem noch an dem Fehler, dafs die Unterbrechung nicht plötzlich genug ist, da der Contaktstift schräg aus dem Quecksilber herausgehoben wird. Dessauer schlägt vor, diesem Übelstande durch die in Fig. 1 abgebildete Anordnung wenigstens teilweise abzuhelfen. Der Hauptfehler der gewöhnlichen Quecksilberunterbrecher ist das zu langsame Arbeiten, sie sind daher zu Durchleuchtungen, zu Tesla- und Marconiversuchen recht ungeeignet. Dagegen kann man die Quecksilbermotorunterbrecher für alle Versuche benutzen. Man kann sie mit ganz verschiedenen Geschwindigkeiten recht gleichmäfsig laufen lassen und daher ganz verschiedene Funkenmengen und Schlagweiten erhalten. Man erreicht mit ihnen als gröfste Leistung etwa 1500 Unterbrechungen in der Minute. Ein schwerwiegender Fehler ist die Wellenbildung im Quecksilbernapf, die ein unregelmäfsiges Arbeiten bewirkt. Max Kohl zu Chemnitz und F. Ernecke zu Berlin verengten, um diesen Übelstand zu beseitigen, den Quecksilbernapf in der Mitte, vergröfserten damit aber wieder die schädliche Wirkung der Oxydation. Reiniger, Gebbert & Schall hingegen suchten nach den Angaben des Professors Bose den grofsen Stromverbrauch des Motors, die hohe Umlaufszahl, die Quecksilberschwankungen und die Oxydation durch einen Motorunterbrecher mit doppelter Unterbrechung bei jeder Umdrehung zu vermindern. Die Achse des Motors trägt auf jeder Seite eine Kurbel, die zur anderen um 180° versetzt ist, und daran die gleiche Unterbrechungsvorrichtung. Doch ist die richtige Einstellung dieses Unterbrechers schwierig. Diesen Übelstand hat Dessauer durch den in Fig. 2 abgebildeten doppelten Motorunterbrecher zu beseitigen versucht. Die höchste Unterbrechungszahl lieferte der Boassche Unterbrecher der A. E. G. Durch die Schwungkraft eines sich aufserordentlich rasch drehenden Röhrchens, das sich um eine lotrechte Achse dreht und oben rechtwinklig umgebogen ist, wird Quecksilber aus einem Gefäfse aufgesaugt und im Kreise herumgespritzt. Der Quecksilberstrahl trifft auf einen Ring, der mit sehr vielen Aussparungen (Einschnitten oder Löchern) versehen ist. Trifft das Quecksilber das Metall des Ringes, so ist der Strom geschlossen, trifft es aber eine Aussparung, so wird der Strom geöffnet. Mit diesen Vorrichtungen lassen sich bis 1500 Unterbrechungen in der Sekunde erreichen. Ein Quecksilberstrahlunterbrecher von Max Levy (*E. T. Z. 20, 717; 1899*) beruht auf demselben Grundgedanken und unterscheidet sich von dem Boassche Unterbrecher nur durch unwesentliche Construktionsänderungen.

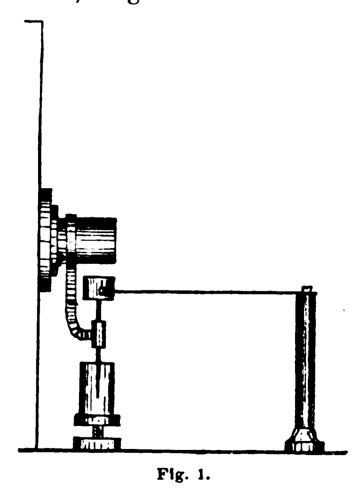


Fig. 1.

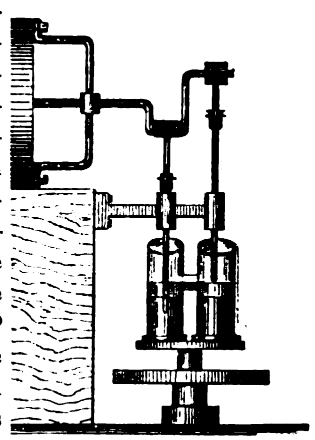


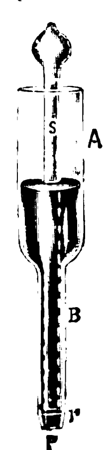
Fig. 2.

Hinter den grofsen Fortschritten der Quecksilberunterbrecher ist die Herstellung der Platinunterbrecher nicht zurückgeblieben. Der altbekannte Wagnersche Hammer zeichnet sich vor den Quecksilberunterbrechern durch leichtere Bedienung, durch Reinlichkeit und Billigkeit aus. Die Unterbrechungszahl ist ziemlich hoch und die Schläge sind ausgiebig und kräftig. Für mäfsige Anforderungen eignet sich dieser Unterbrecher durchaus. Seine Fehler sind die Abnutzung des Platiniridium-Contakts und das „Kleben“. Für Röntgenphotographie, bei der es auf starke Funkenschläge und weniger auf hohe Unterbrechungszahl ankommt,



ist er recht gut zu gebrauchen, für Durchleuchtungen, wo das Umgekehrte der Fall ist, reicht er noch eben aus, für Versuche nach Tesla, Hertz und Marconi, wo man die höchste Unterbrechungszahl, aber weniger grofse Stärke der sekundären Entladungen bedarf, liefert er nicht mehr die erforderliche Funkenzahl. Zur Erzielung einer recht hohen Funkenzahl hat Deprez seinen bekannten Unterbrecher gebaut, der allerdings sehr grofse Funkenmengen liefert, dabei aber die Schlagweite erheblich herabsetzt. Man hat versucht, dem Platinunterbrecher die guten Eigenschaften des Quecksilberunterbrechers zu geben: plötzliche Unterbrechung, gleichmäfsigen Contakt und geringe Abnutzung. Die wichtigsten Vorrichtungen dieser Art sind der Vril-Unterbrecher der Watson-Compagnie zu London, der Rapid-Unterbrecher von Max Kohl zu Chemnitz und der Präcisions-Platinunterbrecher von Dr. Max Levy zu Berlin. Der Vril-Interruptor, den E. Leybolds Nachf. zu Köln in Deutschland vertreibt, besitzt einen sogenannten Vibrator, eine Blattfeder, die oben einen Eisenanker trägt. Er wird elektromagnetisch in rasche Schwingungen versetzt und reifst dabei die eigentliche Contaktfeder von der Contaktschraube los. Die Unterbrechung ist daher plötzlich und der Contakt lang dauernd. So eingestellt giebt der Unterbrecher eine etwas gröfsere Funkenlänge als der einfache Platinunterbrecher. Stellt man ihn so ein, dafs der Vibrator die Contaktfeder bei Beginn der Schwingung gleich mitnimmt, so erreicht man eine ziemlich hohe Frequenz. Der Vril-Untebrecher ist besonders für Funkengeber von 15 bis 25 cm Schlagweite geeignet. Der Unterbrecher Levys beruht auf der gleichen Grundlage; er eignet sich zum Betriebe gröfserer Induktorien von 25 bis 40 cm Schlagweite. Die zu erzielende Funkenzahl ist ziemlich gering. Bei dem Rapid-Interruptor von Max Kohl wird die Contaktfeder durch eine kleine Nebenfeder in Bewegung gesetzt, ähnlich, wie es bei elektrischen Klingeln schon lange üblich ist. Dessauer hat, um die Abnutzung der Platincontakte auf zwei Stellen zu verteilen und dadurch zu vermindern, den in d. Zeitschr. XII, 92 beschriebenen Unterbrecher angegeben. Die Hauptvorteile dieser Vorrichtung, die E. Leybolds Nachf. zu Köln a. Rh. ausführen, sind: grofse Funkenmenge, verhältnismäfsig grofse Schlagweite und bequeme Handhabung. *H.-M.*

Reinigung des Quecksilbers. Von W. Palmaer in Upsala. Gegenüber den in dieser Ztschr. bereits angegebenen Methoden (*I 129, IV 255, V 34, VI 152*) gewährt die nachstehend mitgeteilte gewisse Vorteile. Der Hauptteil des zur Reinigung dienenden Apparates ist ein cylindrisches Glasgefäfs A, das sich nach unten in das engere Rohr B verjüngt; letzteres verläuft unten conisch. In den Conus ist ein Glasstab s eingeschliffen, der die Röhre B bei p wie ein Pfropf abschliefst, jedoch nicht völlig. Auf diesem Pfropf, der einen Durchmesser von 15 mm hat, sind nämlich zwischen r und p 40 bis 50 Rillen angebracht, um das Quecksilber abfliefsen zu lassen. Diese Rillen sind 15 mm lang und 0,25 mm breit; zum Durchfliefsen genügt eine Druckhöhe von 7 cm Hg, so dafs, wenn der Behälter A etwa bis zur Hälfte mit Hg gefüllt ist, in der Minute etwa 200 g Quecksilber in ein Gefäfs mit normaler Salpetersäure abfliefsen. Der Apparat wird übrigens so befestigt, dafs der Pfropf p gerade in die zur Reinigung bestimmte Lösung (verdünnte Salpetersäure, Eisenchlorid) taucht. Der Behälter A fafst etwa 3 kg Quecksilber. Da wie erwähnt eine Druckhöhe von 7 cm erforderlich ist, so hört der Quecksilberregen auf, bevor noch alles Hg durchgelaufen ist, doch beträgt die in dem engen Zwischenraum zwischen s und A zurückbleibende Menge nur etwa 150 g. — Der Apparat kann wohl auch zum Filtrieren staubigen Quecksilbers dienen — wofür indessen die übliche Methode mit dem Papierfilter vorgezogen wird, da hierbei nicht so viel Hg zurückbleibt —, hauptsächlich ist er aber für die Zerstäubung des Quecksilbers behufs Reinigung desselben durch chemische Mittel bestimmt. Er hat sich hierbei gut bewährt, da er dauerhaft und leicht zu reinigen ist und Tröpfchen gleicher Gröfse giebt[1]). (*Ber. d. D. Chem. Ges. 1899, 32, S. 1391*). *O.*



[1]) Der Apparat wird von der Fabrik chemischer Apparate Max Kaehler und Martini, Berlin W., Wilhelmstr. 50 zum Preise von 6 M. geliefert.



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten. Von Troels Lund. Autorisierte, vom Verfasser durchgesehene Übersetzung von Leo Bloch. Leipzig, B. G. Teubner, 1899, 286 S. Geb. M. 5.—.

Dieses Buch ist zuerst unter dem Titel „Lebensbeleuchtung“ in dänischer Sprache erschienen. Es stellt den Zusammenhang der gesamten Kulturentwicklung mit der astronomischen Himmelsansicht dar. Nirgends ist noch so gründlich und überzeugend wie hier die Bedeutung des naturwissenschaftlichen Erkennens für die Weltanschauung eines jeden Zeitalters dargelegt worden. Von den Chaldäern und Parsen, von Buddha und Confucius, von Ägypten und Judäa führt die Betrachtung zu den Griechen, Römern und Arabern, um danach mit gröſserer Ausführlichkeit bei der Weltanschauung des 16. Jahrhunderts zu verweilen, in der mit dem Lebensmut der Renaissance und der Glaubensfreudigkeit des Luthertums Teufelsfurcht und Sternendeutung sich vermischten. Wahrhaft ergreifend sind die Seiten, auf denen Giordano Bruno († 17. Februar 1600), der Entdecker der Unendlichkeit der Welt, als Befreier des Menschengeistes und Begründer einer neuen Periode der Menschheitsgeschichte gefeiert wird. In einem kurzen, aber inhaltsreichen Schluſsabschnitt ist zusammengefaſst, was das abgelaufene Jahrhundert dem neu beginnenden als das Resultat des bisherigen Denkens und Strebens zu überliefern hat: eine Weltanschauung, klar, kühl, vom Hauch des Unendlichen durchweht, voll Entsagung und zugleich voll Zuversicht. *P.*

Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. Griechisch und deutsch herausgegeben von Wilhelm Schmidt. Mit 124 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1899, LXX und 514 S. M. 9.—.

Die Heronsche Pneumatik hat beim Beginn der neueren Naturforschung im Zeitalter Galileis einen bemerkenswerten Einfluſs ausgeübt; wennschon nicht feststeht, daſs die Erfindung des Thermoskops auf die Schrift Herons zurückzuführen ist (vgl. d. Zeitschr. *XII 299*), so sind von ihr doch zweifellos die mannigfachsten Anregungen ausgegangen, worüber u. a. eine Abhandlung von W. Schmidt im VIII. Bande der Abh. z. Gesch. d. Math. näheres mitteilt. Dem Herausgeber gebührt besonders auch dafür Dank, daſs er diese neue kritische Ausgabe (den I. Band einer Gesamtausgabe Herons) mit einer deutschen Übersetzung versehen hat. Dadurch ist es auch den Physikern ermöglicht, sich an der Interpretation des Werkes zu beteiligen. Man findet in der Schrift nach einer Einleitung über das Vakuum die Beschreibungen zahlreicher Apparate, bei denen teils der Flüssigkeitsdruck, teils der Luftdruck, teils die erwärmte Luft wirksam sind: verschiedene Arten des Hebers, Heronsball, Tantalusbecher, intermittierende Brunnen, Feuerspritze, Lampe mit Selbstregulierung, Heronsbrunnen, Wasserorgel, Weihwasser- und Weinautomaten u. a. m. Nicht minder ist das „Automatentheater“ reich an bewundernswerten technischen Construktionen. Hinzugefügt ist noch ein Fragment Herons über Wasseruhren, eine Schrift Philons von Byzanz über die Druckwerke (de ingeniis spiritualibus), worin u. a. ein Gefäſs mit constantem Flüssigkeitsniveau beschrieben ist, ferner Bruchstücke aus Vitruvs Baukunst und ein Fragment über Wasseruhren.

Im Rahmen dieser Anzeige ist es nicht möglich, genauer auf Einzelnes einzugehen: nur zum Anfangskapitel seien einige Bemerkungen gestattet. — S. 6, 11 würde ich *ἐκκρουόμενος* (ἀήρ) nicht mit „ausgestoſsen“, sondern mit „verdrängt“ übersetzen. S. 6, 16 *πύρωσιν ἐπιδέχεσθαι* wohl nicht „sich glühend machen lassen“, sondern „verbrennen“. Demgemäſs auch 6, 23 *οὐδὲ δέχεται θερμότητα* nicht „entwickelt sich keine Wärme“, sondern „nimmt keine Wärme auf“. d. i. hier: „verbrennt nicht“. Es handelt sich um den Diamanten, dessen Erhitzbarkeit durch Wärme sicher nicht unbemerkt geblieben war, dessen Verbrennlichkeit aber erst durch die Florentiner Akademie im 17. Jahrhundert nachgewiesen worden ist. Auch ist S. 10, 9 in gleichem Zusammenhange die Wirkung des Feuers als ein „Auflösen“ und „Verflüchtigen“ bezeichnet. S. 12, 14 *κατὰ τὴν τοῦ ἡλίου μετατροπὴν* „nach dem Weggang der Sonne“ (das Wort „Sonnenwende“ ist hier, trotz Einleitung XXVII, unzulässig). — S. 18, 15 *προσερηρεισμένου* (ἀέρος) *κατὰ συνέχειαν πρὸς τὴν τοῦ τεύχους περιοχὴν* nicht „sie übt einen continuierlichen Druck gegen die Gefäſswand“, sondern „sie schlieſst sich dicht an die Gefäſswand an“. Von einem Druck der (nicht künstlich zusammengepreſsten) Luft war dem Altertum nichts bekannt; erst die nachgalileische Zeit ist zu dieser Erkenntnis fortgeschritten. — S. 22, 15 „weil das Wasser in sich selbst weder Schwere, noch . . . besitzt“, so muſs es heiſsen; der Herausgeber glaubt vor Schwere noch „bedeutende“ einfügen zu müssen und entstellt dadurch den Sinn der Stelle. Auf S. 24 wird ausdrücklich an des Archimedes Beweisführung erinnert, daſs das Wasser im Wasser keinen Druck ausübt; diesen Trugschluſs hat noch Galilei nicht zu durchschauen vermocht. — S. 30, 17 *βαρύτερον:* hier ist sicher die Lesart *βαθύτερον* vorzuziehen, denn beim Heber kommt es nicht auf



das Gewicht der im längeren Schenkel befindlichen Flüssigkeit an, sondern darauf, dafs die Ausflufsöffnung tiefer als das Niveau im Gefäfs liegt. Dafs nicht die Quantität, sondern vielmehr die Höhe von Einflufs ist, wird im folgenden Abschnitt (S. 36) besonders hervorgehoben. — Diese wenigen Bemerkungen mögen zeigen, dafs, nach dem Wort eines berufenen Beurteilers, hier noch „Arbeit für viele“ vorhanden ist: namentlich dürfte auch die Reconstruktion mancher Erfindungen Herons eine dankbare Aufgabe sein. Dafs auch unsere Schüler dem Heron Interesse abgewinnen, hat Ref. bereits vor Jahren an der Hand der alten Ausgabe Commandinos erprobt. *P.*

Das Potential und seine Anwendung auf die Theorieen der Gravitation, des Magnetismus, der Elektrizität, der Wärme und der Hydrodynamik in elementarer Behandlung dargestellt von Prof. Dr. Gustav Holzmüller. Mit 237 Figuren, zahlreichen Übungsbeispielen und einem Anhange über die Mafseinheiten. Leipzig, B. G. Teubner. 1898. VIII und 440 S.

Das vorliegende Buch bildet den zweiten Teil zu dem in dieser Zeitschrift *XI 43* angezeigten ersten Teile von desselben Verfs. Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung. Sein Zweck, seine Originalität und seine Vorzüge bestehen darin, dafs umfangreiche Gebiete der theoretischen Physik, die sonst zum gröfsten Teil oder ganz mit Hülfe der höheren Mathematik bearbeitet werden, ohne diese eine exakte und eindringliche Erörterung finden. Nur bei Gelegenheit der Erläuterungen zum Biot-Savartschen Gesetze wird in einer Anmerkung eine Integration ausgeführt, als Excurs, ohne für das Verständnis und die Durchführung der betreffenden Rechnung unentbehrlich zu sein. Weiter keine Kenntnisse als bis zur analytischen Geometrie, soweit sie von der höheren Analysis unabhängig ist, werden vorausgesetzt. Es gewährt eine Freude, zuweilen mit einigem Erstaunen gemischt, eine so weit reichende Macht der elementaren Mathematik kennen zu lernen. Der mit der Sache schon Vertraute fühlt die Begeisterung, mit der der Verf. gearbeitet hat, lebhaft nach. Wer in die behandelten Fragen erst eingeführt werden will, dem bieten sich durch mannigfache geometrische Construktionen wesentliche Erleichterungen des Verständnisses und durch viele Einzelprobleme und Aufgaben die Mittel zu einer gründlichen Vertiefung. Auch an geschichtlichen und litterarischen Nachweisen fehlt es nicht.

Es ist schwer, in Kürze eine Anschauung von der Reichhaltigkeit des Buches zu geben. Doch sei wenigstens einiges angeführt. Zunächst wird das Newtonsche Anziehungsgesetz besprochen, die Gravitationskurve $y = 1/x^2$ construiert und der Potentialbegriff entwickelt. Zu bemerken ist, dafs gewisse Differenzen zwischen der Erklärung des Potentials, der sich anschliefsenden Erläuterung, den späteren Anwendungen und dem von den Dimensionen handelnden Anhange den Lernenden leicht verwirren können. In der Erklärung ist nämlich km_1m_2/r als Potential bezeichnet; in der Erläuterung wird zuerst davon die Potentialfunktion m/r unterschieden, dennoch dann dieser Bruch selbst als Potential genommen; in den späteren Betrachtungen und Aufgaben ist an der letzten Wendung zwar festgehalten, aber bald kurzweg vom Potential, bald vom Potential auf die Masseneinheit die Rede; bei den Dimensionen wird wieder zwischen Potentialfunktion und Potential unterschieden. Doch hat man überhaupt zur Unterscheidung zwischen Potentialfunktion und Potential keine Veranlassung. Die Gröfse m_1m_2/r ist eine Arbeit und als solche hinreichend benannt; die Gröfse m/r hingegen, das Potential, charakterisiert, je nach der Auffassung, den Zustand eines Körpers oder den durch den Körper bedingten Zustand des Raumes.

Es folgt ein Kapitel über die Anziehung der homogenen Kugelschale, der Vollkugel und der Hohlkugel, worin auch die Abplattung der Erde, Ebbe und Flut, die Präcission der Äquinoktien, die Nutation der Erdachse, die Verlangsamung der Erddrehung und die Helmholtzsche Erklärung des Wärmegleichgewichts der Sonne zur Sprache kommen. Darauf werden die von Faraday und Maxwell eingeführten Vorstellungen von den Kraftlinien, den Kraftröhren, dem Kraftflufs und den Potentialzellen und deren vielfache Anwendungen auf die Elektrostatik und die stationären Ströme erörtert. Wieder mehr rein mathematisch ist die Ermittlung und die Construktion der Potentiale und der Niveauflächen für zwei, drei u. s. w. Massenpunkte, woran sich eine Betrachtung des durch die Spannungssätze von Laplace und Poisson beherrschten Bereichs von Erscheinungen knüpft.

Hierdurch wird der Verf. veranlafst, die Vorgänge in dielektrischen mit denen in elastischen Körpern zu vergleichen. Er spricht bei dieser Gelegenheit auch von Anziehung und Abstofsung, überhaupt von Kinematik der Kraftlinien. Eine solche ist aber abzulehnen, nicht weil Linien sich nicht bewegen können, sondern weil, wenn man sie in Bewegung denkt, man naturgemäfs Massen an ihre Stelle setzt, die es vielleicht gar nicht giebt oder die sich wenigstens nicht auffinden lassen. In der That sagt der Verf., von Anziehung und Abstofsung der Kraftlinien zu reden, sei nur bildlich, man müfste von Anziehung und Abstofsung polarisierter Moleküle sprechen. Indes erstens führt man die von Kraftlinien durchsetzten elektrischen Felder gerade ein, um des unverständlichen Begriffes der



Fernwirkung d. h. der Anziehung und Abstofsung nicht zu bedürfen; zweitens sind z. B. im leeren Raume gar keine Teilchen, die sich anziehen oder abstofsen könnten, nachweisbar. Die Kraftlinien geben nur an, was längs ihrer Erstreckungen geschieht, wenn Massenteilchen, die jede Bewegung ungehemmt auszuführen vermögen, in den Raum gebracht werden, und dienen auf diese Weise dazu, einen gewissen, im übrigen uns unbekannten Zustand des Raumes zu kennzeichnen, nicht zu beschreiben. Dies kann jeder, der die hierhergehörigen schwierigen Rechnungen und Construktionen auszuführen im stande ist, wohl verstehen, und man hat also auch nicht nötig, im Zusammenhange jener Rechnungen und Construktionen auf dieses Verständnis zu verzichten.

Nachdem die Methode der elektrischen Bilder ausführlich besprochen und ein kurzes Kapitel über centrobarische Flächenbelegungen und Körper hinzugefügt ist, wird von den Raumproblemen zu den Problemen der Ebene sowohl für einen wie für mehrere Punkte übergegangen. Dabei handelt es sich physikalisch um die stationäre Strömung eines geraden Flusses von constantem Querschnitt, den Druck in Wasserleitungsröhren ebenfalls von constantem Querschnitt, stationäre elektrische und thermische Ströme in ebenen Platten, besonders auch um einige Fouriersche Probleme, dann um freie Ausflufsstrahlen, magnetische Felder, elektromagnetische und elektrodynamische Wirkungen galvanischer Ströme, Induktionsströme, Hertzsche Schwingungen und Helmholtzsche Wirbel, schliefslich um die Forchheimersche Theorie der Grundwasserbewegung in der Umgebung von Brunnen und Sickerschlitzen. Die zweidimensionalen Probleme erweisen sich hiernach noch mehr als die dreidimensionalen der elementaren Behandlung fähig und gestatten eine weitreichende Anwendung. Als beiläufig, wenn auch nicht als ganz nebensächlich werde erwähnt, dafs die über die Maxwellschen mechanischen Analogieen gegebenen Mitteilungen bei unvorbereiteten Lesern den Eindruck hervorrufen können, wie wenn in ihnen die Hauptleistung Maxwells bestände. Die Hertzsche Mechanik hat Lenard herausgegeben, nicht Helmholtz.

Aus der kurzen Skizzierung des Inhalts des Holzmüllerschen Buches wird man erkennen, dafs es nur für Leser bestimmt sein kann, die eingehenden Fachstudien obliegen. Insbesondere möge es auch den Lehrern der höheren Schulen dringend empfohlen sein. Jeder wird daraus direkt für sich selbst und indirekt für den Unterricht viel gewinnen. Der Verf. wünscht freilich manches in den mathematischen Stunden auf der obersten Stufe der neunklassigen Lehranstalten wirklich behandelt zu sehen. Für einzelnes, weniges mag dies angehen (vergl. auch d. Ztschr. *XI 37*); im allgemeinen ist aber zu sagen, dafs die Einführung in die Lehre von dem Potential und den Kraftlinien auf der höheren Bildungsschule hauptsächlich am Leitfaden des Experiments zu geschehen hat. *Paul Gerber*, *Stargard.*

Die Sternkunde. Gemeinfafslich dargestellt von R. H. Blochmann. 315 S. Gr. 8°. Mit 69 Abbildungen, 3 Tafeln und 2 Sternkarten. In elegantem Orig.-Band M. 5. Stuttgart, Verlag von Strecker und Moser. 1899.

Das vorliegende Buch stellt eine sorgfältig abgefafste und gediegen ausgestattete, auf dem Standpunkt der heutigen Wissenschaft stehende Himmelskunde dar, die recht wohl geeignet ist, den Anfänger in anregender Weise in das Gebiet einzuführen. Dabei ist der Preis ein recht niedriger, sodafs sich das Werk z. B. sehr wohl für Prämien empfiehlt, bei denen ja die zur Verfügung stehenden Mittel meist nicht allzu reichlich sind. Die Abbildungen sind der Zahl nach auf das notwendigste beschränkt, aber durchweg wohlgelungen. Aufserordentlich schön und klar ist namentlich die Reproduktion einer Loewyschen Mondphotographie, welche sogar die sog. Eisenbahn und das Querthal der Alpen prächtig erkennen läfst. Einzelne, rein historische Dinge hätten in einer so gedrängten Darstellung astronomischer Thatsachen füglich unberührt bleiben sollen, so z. B. die irrige Annahme des Copernikus, dafs zur Erreichung der stets sich selbst parallel bleibenden Stellung der Erdachse dieser eine besondere, jährliche Bewegung auf einem Kegelmantel zugeschrieben werden müsse. Dies wird Seite 52 ausführlich erörtert und durch zwei Figuren illustriert, ohne dafs darauf hingewiesen wäre, dafs diese ganze Schwierigkeit nur eine eingebildete war, und dafs die unveränderliche Richtung der Erdachse nach der Entdeckung des Beharrungsvermögens gar keiner Erklärung mehr bedurfte. — Auch das nähere Eingehen auf die Ursachen von Präzession und Nutation halten wir hier für verfehlt, ein wirkliches Verständnis dieser doch ein höheres Mafs von mathematisch-physikalischer Schulung erfordernden Erscheinungen ist mit wenigen Worten doch nicht zu erreichen. — Bei der Seite 167 reproduzierten Haleschen Sonnenfackelphotographie hätte betont werden sollen, dafs dieselbe nicht den gewöhnlichen Anblick der Sonne im Fernrohr wiedergiebt, sondern die Fackelgebilde deswegen wesentlich deutlicher und ausgedehnter zeigt, weil die Aufnahme mit Hülfe einer ganz besonderen, in den Fackeln sehr intensiven Strahlenart erfolgte. *F. Kbr.*

Vorlesungen über technische Mechanik. Von Prof. Dr. Aug. Föppl. Vierter Band: Dynamik, mit 69 Fig. im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1899. VIII u. 456 S.

Ein Vergleich des vorliegenden Bandes der Föpplschen Vorlesungen mit dem früher in dieser Zeitschrift angezeigten ersten Bande lehrt, dafs es sich hier nicht um eine Dynamik im Gegensatze zur Statik handelt, sondern um eine Erweiterung und Vertiefung der dort vorgetragenen Lehren, nachdem sie in dem noch nicht erschienenen zweiten und in dem ebenfalls früher angezeigten dritten Bande auf die für den Techniker wichtigen statischen und diesen am nächsten stehenden dynamischen Vorgänge angewandt sind. Der Reihe nach werden behandelt der materielle Punkt, die starren Körper und die Punkthaufen, die relativen Bewegungen, die zusammengesetzten Systeme und die Flüssigkeiten. Besonders hervorzuheben ist, dafs aufser den mit den technischen Zielen zusammenhängenden, sonst in allgemein mechanischen Lehrbüchern seltener oder gar nicht vorkommenden Gegenständen, wie dem Massenausgleich bei Schiffsmaschinen, der Bewegung des Schwungringes einer über eine Kurve fahrenden Lokomotive, den Schwingungen der Regulatoren, den Grundwasserströmungen und anderen, mehrfach die Bedeutung und die Anwendung der mechanischen Methoden und Gesetze bei Untersuchungen über elektrische und magnetische Erscheinungen besprochen werden. Im übrigen kann nur, was Klarheit, Ausführlichkeit und Eleganz der Darstellung und Auswahl der Aufgaben anlangt, das über die früheren Bände rühmend Gesagte bestätigt werden. Die im Vorwort des ersten Bandes vom Verf. dringend empfohlene Vektorenrechnung ist auch hier consequent durchgeführt. *Paul Gerber, Stargard.*

Licht-, Elektrizitäts- und X-Strahlen. Beitrag zur Erklärung der Ätherwellen von Rudolf Mewes. Zweite, bedeutend erweiterte Ausgabe. Berlin, M. Krayn. 1899. 131 S. M. 2,50.

Aus der Auffassung der elektrischen Energie als Ätherenergie und der magnetischen Energie als der durch das Mitschwingen der ponderablen Masse absorbierten Energie ergeben sich die elektromagnetischen Grundgleichungen von Maxwell. Doch ist dies keine besondere Stütze für die Mewessche Theorie. Denn jede lebendige Kraft, die man für die elektrische Energie, also jede Geschwindigkeit, die man für die elektrische Kraft einführt, mufs den Maxwellschen Gleichungen genügen, da die elektrische Kraft gleich der tonischen Geschwindigkeit ist und der Tonus jeder beliebige Zustand sein kann.

Der elektrische Strom in einem Drahte besteht nach Mewes in zwei den Draht nach beiden Seiten hin längs durchsetzenden Wellenzügen, wobei die Wellen teils an der Oberfläche nach dem Innern des Drahtes total reflektiert werden, teils durch die Oberfläche nach aufsen hindurchgehen. Für die den Raum zwischen zwei Drähten durchmessenden Wellen findet dann das Dopplersche Prinzip Anwendung, woraus Mewes für die ponderomotorische Wirkung beider Ströme das Webersche Grundgesetz erhält. Er gelangt aber nur dadurch zu seinem Ziel, dafs er die Anzahl der in einem Drahte in der Sekunde erfolgenden Schwingungen für einerlei mit der Elektrizitätsmenge erklärt, was weder mit seinem aus den Maxwellschen Gleichungen gefundenen Werte der elektrischen Kraft in Einklang ist, noch eine Unterscheidung zwischen positiver und negativer Elektrizität zuläfst. Fehler in der Benutzung mathematischer Bezeichnungen und in der Anwendung der Vorzeichen, die in den an das Webersche Gesetz wie an die Maxwellschen Gleichungen sich anschliefsenden Rechnungen vorkommen, mögen hier unerwähnt bleiben, da sie die Endergebnisse nicht beeinflussen.

Als Complexe von Schwingungen werden auch die Vorgänge in den Gasen betrachtet. Von Vergleichen mit der Erfahrung ist dabei wenig die Rede. Es wird gezeigt, dafs man für die Molekulargeschwindigkeit, für das Verhältnis der äufseren Arbeit zur inneren Energie, für die Wärmeleitungsfähigkeit und für die Gleitungsconstante nach der Schwingungstheorie andere Werte als nach der kinetischen Theorie erhält, woraus natürlich nichts für die eine und nichts gegen die andere folgt. Nur die Wärmeleitungsfähigkeit von Kohlensäure, Stickoxydul, Methan und Äthylen ergiebt sich nach der Schwingungstheorie in besserer Übereinstimmung mit den Beobachtungen als nach der kinetischen Theorie. Das Produkt aus der Gleitungsconstante in die brechende Kraft dividiert durch den Reibungscoëfficienten ist nach der Schwingungstheorie bei allen Gasen gleich, das Verhältnis dieser Gröfsen bei zwei Gasen also 1. Aber dies bestätigt sich blofs einmal; in zwei anderen Fällen beträgt das Verhältnis 0,7, was Mewes freilich als nahezu 1 ansieht.

Am meisten unter den gastheoretischen Ergebnissen fällt folgendes auf. Ist τ die Dauer der Ätherschwingungen, ϑ die Dauer der Molekularschwingungen, c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles und v die Geschwindigkeit der Moleküle, so wird abgeleitet $\tau^2/\vartheta^2 = 1 - c^2/v^2$. Bei Luft findet Mewes für $1 - c^2/v^2$ eine Zahl, die gleich dem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen ist; er vermutet daher, ohne es aus seiner Theorie begründen zu können, dafs sich für andere Gase dasselbe ergeben werde, was dann auch zutrifft. Dies überrascht. Die Überraschung wird jedoch noch gröfser, wenn man nach längerem Überlegen und Probieren herausbekommt, wie Mewes seine Ent-



deckung gemacht hat. Er giebt für v den Ausdruck $\sqrt{2A \cdot c_p \cdot T \cdot 9{,}81}$, wo A das mechanische Wärmeäquivalent, c_p die spezifische Wärme bei constantem Druck und T die absolute Temperatur bedeutet. Eine Controlle seiner Zahlen für v bei 0° C. zeigt, dafs er aber den Faktor 2 fortgelassen oder wenigstens immer einen sehr angenähert durch $1/\sqrt{2} = 1/1{,}41$ bemessenen Bruchteil seines theoretischen Wertes herausgerechnet hat; er spricht ja wohl von der Molekulargeschwindigkeit bei constantem Volumen, hätte indes dann nicht durch $\sqrt{2}$ dividieren dürfen. Formt man nun die fragliche Differenz $1 - c^2/v^2$ mit Hülfe des falschen Ausdruckes $\sqrt{A \cdot c_p \cdot T \cdot 9{,}81}$ und mit Benutzung des Mariotte-Gay-Lussacschen Satzes um, so erhält man die bekannte, aus der mechanischen Wärmelehre folgende Beziehung zwischen der Schallgeschwindigkeit und dem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen. Die Mewessche Theorie in Verbindung mit einer ihr widersprechenden Formel führt also auf ein längst theoretisch sicher begründetes Gesetz!

Auch das angebliche Gesetz über die Absorptionsäquivalente, worunter die durch die Dichten dividierten Produkte der brechenden Kraft in das Atom- oder Molekulargewicht zu verstehen sind, lehrt, wie sehr es Mewes an Besonnenheit in Abwägung der Thatsachen mangelt. Das Absorptionsäquivalent einer chemischen Verbindung soll gleich der Summe der Absorptionsäquivalente der Elemente sein. Die Berechnungen liefern in der That Zahlen, die einigermafsen mit den Beobachtungen übereinstimmen. In manchen anderen Fällen würde das Mafs dieser Übereinstimmungen völlig hinreichen, hier aber täuscht es. Mewes selbst führt ein Citat aus Wüllners Experimentalphysik, betreffend die Unzulässigkeit der Anwendung des Gesetzes von Arago und Biot über die brechende Kraft von Gasgemischen auf die brechende Kraft von Gasverbindungen, an, wonach die durch Beobachtungsfehler bedingten Unterschiede zwischen Theorie und Erfahrung nur sehr klein sein dürfen; er konnte daraus ersehen, dafs die Unterschiede, die er erhält, zu grofs sind, denn z. B. für Chlorwasserstoff ist sein Satz mit dem von Arago und Biot identisch. Aufserdem bemerkt er, dafs der Satz sich für alle Aggregatzustände bewähre, d. h. nur eine chemische Eigenschaft der Körper bezeichne; doch eben deshalb bewährt er sich gar nicht. Die Absorptionsäquivalente müfsten danach nämlich unabhängig von Druck und Temperatur sein. Es ist aber längst bekannt, dafs sie es nicht sind.

Mewes versteigt sich noch weiter ins Chemische. Die Atomgewichte der Elemente betragen Vielfache der Werte 0,57 und 0,43 oder Summen von solchen Vielfachen. Man braucht nicht nachzurechnen; würde es nicht stimmen, so liefsen sich andere derartige Werte erfinden, höchstens entstünden neue Anforderungen an die Geduld des Rechners. Die Summe von 0,57 und 0,43 ist 1, daher sind 0,57 und 0,43 die Gewichte der beiden Atome eines Wasserstoffmoleküls. Die entsprechenden Raumteile des Atomvolumens des Wasserstoffs verhalten sich mithin wie 0,57 zu 0,43. Dies hat eine doppelte Bedeutung. Erstens ist das Verhältnis gleich 1,32 oder annähernd gleich dem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen, obgleich dieses thatsächlich 1,41 beträgt; zweitens stimmt es fast genau mit dem Verhältnis der Rauminhalte einer Kugel vom Radius 1 und eines Rotationsellipsoides von der halben grofsen Achse $^1/_2$ überein, folglich ist das eine Wasserstoffatom eine Kugel, das andere ein Rotationsellipsoid! Dies genügt wohl, um die weitere Ausspinnung dieses Irr- und Wirrgewebes übergehen zu dürfen.

Auch der letzte Abschnitt, der über das Ohmsche Gesetz handelt, taugt nichts. Es soll bewiesen werden, dafs die thermoelektromotorische Kraft zwischen Silber und jedem anderen Metall mit Lötstellen von 0° und 100° C. bei passend gewählter Mafseinheit gleich dem Quotienten aus der Leitungsfähigkeit des Silbers durch die des Metalles bei 100° sei. Es stimmt jedoch thatsächlich in keinem der neun als Beweis angeführten Fälle.

In einem Anhange kommt Mewes auf seine 1896 erschienene Broschüre über „Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen und deren Wirkungsgesetze“ zu sprechen, die mit dem vorliegenden Buche einigen Zusammenhang hat. Er beklagt sich, man habe ihn unsachlich und ironisch abgefertigt und auf die sehr abweichenden Ergebnisse anderer Forscher verwiesen. Er behauptet nämlich, auf zwei Arten gezeigt zu haben, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwere gleich der des Lichtes sei. Er glaubt, am Horizontalpendel müsse sich in der von Zöllner angegebenen Weise eine Wirkung der Sonnenanziehung und zwar mit einer Verspätung von 8 Minuten, gleich der Zeit, die das Licht von der Sonne bis zur Erde braucht, zu erkennen geben. Dies ist freilich falsch, möge jedoch hier als richtig angenommen werden. In Wilhelmshaven und Potsdam hat Rebeur-Paschwitz mit einem sehr feinen Horizontalpendel Beobachtungen angestellt und, um den Einflufs des Mondes zu bestimmen, den der Sonne eliminiert. Dabei müfste eine die Periode des Einflusses abgrenzende Gröfse von der halben Länge eines Mondtages oder 11 Stunden 30 Minuten zum Vorschein kommen; sie ist aber für verschiedene Beobachtungsreihen zu klein um 28, 10, — 4, —1, —1 und 8 Minuten. Weil nun diese Zahlen ungefähr gleich 3, 1, — $^1/_2$, 0, 0 und 1 mal $8^1/_4$ sind, wobei nur leider die Bedeutung jener Faktoren völlig rätselhaft bleibt, und das Mittel aus den vier ersten

Zahlen, die doch zwischen 28 und — 4 schwanken, ebenfalls $8^1/_4$ beträgt, geht nach Mewes daraus hervor, dafs sich so die genannten 8 Minuten Verspätung der Sonnenanziehung ankündigen. In dem anderen Falle ermittelt Mewes die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwere, übrigens auf einem auch von seinem Standpunkte aus fehlerhaften Wege, wovon indes wieder abgesehen werde, für jeden Planeten und findet vom Merkur bis zum Neptun Zahlen, die mit 667 000 km/sec anfangen und mit 275 000 km/sec endigen. Offenbar schliefst jedermann hieraus, dafs die zu Grunde liegende Hypothese oder die Rechnung oder beide falsch sind. Trotzdem hat Mewes den Mut, einen Mittelwert gleich 464 000 km/sec zu berechnen. Wohl gemerkt, dies ist c, womit die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwere bezeichnet war. Jetzt wird noch $^2/_3$ davon genommen, und da dies 310000 km/sec ergiebt, gefolgert, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwere sei gleich der des Lichtes. Der Bruch $^2/_3$ schneit hier plötzlich herein, weil nach der Stofstheorie der Schwere sich die Geschwindigkeit der Ätherteilchen zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes wie 3 zu 2 verhält. Mewes berechnet also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation aus zweifelhaften Hypothesen auf Wegen, die nicht blofs schlechthin unexakt, sondern im schlimmsten Sinne zahlenspielerisch sind, während alle früheren Forscher zwar ebenfalls zweifelhafte Hypothesen zu Grunde gelegt, ihre Rechnungen aber exakt durchgeführt haben.

Mewes sagt am Schlusse, seine Bücher dürften nicht bloss gelesen, sie müssten studiert werden. Zu welchem Ergebnis ein solches Studium führt, ist hier in einer zum Werte der Sache in keinem Verhältnis stehenden Ausführlichkeit gezeigt, da eine kürzere Abfertigung kein deutliches Bild von der Fülle der Unzulänglichkeiten des Buches zu geben vermöchte. Trotzdem ist einiges übergangen, wie über das Verhältnis der Wärmeabsorption und der specifischen Wärme zur brechenden Kraft, über die Exstinctionscoefficienten von Strahlen und über die specifischen Faktoren, womit die Thatsachen ebenfalls misshandelt werden. *Paul Gerber, Stargard.*

Grundrifs der Naturlehre. Für die oberen Klassen der Mittelschulen. Von Prof. Dr. W. Pscheidl. Mit 283 Abbildungen. Wien u. Leipzig. W. Braumüller. 1899. 371 S. Mk. 4,40 (fl. 2,60).

Der Verfasser sagt in der Vorrede, dafs das vorliegende Buch nicht durch den Umfang, sondern durch die Behandlungsweise des ausgewählten Stoffes sich wesentlich von den meisten anderen gleichem Zwecke dienenden Büchern unterscheide. Das kann man nur von denjenigen Büchern gelten lassen, die nach den Grundsätzen der modernen Methodik des physikalischen Unterrichts bearbeitet sind; denn diese werden in dem vorliegenden Buche vollständig aufser Acht gelassen. Dafs die Induktion gegen die Deduktion, das Experiment gegen die mathematische Rechnung sehr stark zurücktritt, mag man gelten lassen, da man vielfach eine solche Methode in den oberen Klassen für richtig hält. Aber als Grundlage der Deduktion werden meist Sätze gewählt, die entweder dogmatisch aufgestellt oder durch ganz lückenhafte Induktion gewonnen sind. Hypothesen und Thatsachen werden nicht scharf getrennt. Die in den mathematischen Formeln gebrauchten Gröfsen sind vielfach gar nicht oder so mangelhaft definiert, dafs eine experimentelle Bestimmung ihrer Zahlenwerte unmöglich ist. Finden sich daneben noch vielfach Mängel in der Anordnung des Stoffes und auffällige Lücken, sachliche Fehler und Unvollkommenheiten im Ausdruck und der Darstellung, so haben wir in diesem Lehrbuch die ganze Musterkarte von Fehlern, die bei physikalischen Schulbüchern gemacht zu werden pflegen.

Einige Beispiele nur mögen als Belege für das Gesagte angeführt werden. In der Mechanik wird mit der Dynamik begonnen und aus der Definition der Kraft als „der letzten sinnlich nicht mehr wahrnehmbaren Ursache einer Erscheinung“ ohne weiteres geschlossen, dafs eine konstante Kraft eine gleichförmig beschleunigte Bewegung bewirkt. Der freie Fall und die Bewegung an der Fallmaschine werden nur als Beispiele für diesen Satz angeführt. Der Fall auf der schiefen Ebene steht zwischen kreisförmiger Bewegung und Pendel, dann folgt der schiefe Wurf (der senkrechte ist 40 Seiten vorher behandelt) und weiter die Fliehkraft und die Centralbewegung. Pendel- und geradlinige harmonische Schwingungen sind ganz getrennt behandelt, die letzteren erst in der Einleitung zur Akustik. Die Fliehkraft ergiebt sich (S. 66) durch unrichtige Zerlegung als die ursprüngliche Kraft beim Zustandekommen einer kreisförmigen Bewegung: „Soll sich daher der materielle Punkt längs der Peripherie des Kreises bewegen, so mufs die auf ihn wirkende Fliehkraft durch eine mit ihr gleich grofse Gegenkraft aufgehoben werden.“ Die Centralkraft bei der Planetenbewegung wird als selbstverständlich angenommen und daraus der Flächensatz bewiesen. Die Begründung der Präcessionsbewegung beim Kreisel (S. 76) ist unrichtig. Experimente und Apparate sind in der ganzen Mechanik fester Körper nur drei oder vier beschrieben, meist wird nur am Schlusse der Deduktionen die Bemerkung gemacht „Bestätigung durchs Experiment“. Ausführbar sind die beschriebenen Experimente auch nicht alle, wie z. B. das zur Bestätigung des archimedischen Prinzips. Die Oberflächenspannung wird mit dem Grenzdruck senkrecht zur Flüssigkeitsoberfläche verwechselt.



Dass die Oberflächenspannung gröfser wird, je kleiner ϱ ist, genügt dem Verfasser zur Aufstellung der Formel k/ϱ. Die „Erscheinung", dafs ein Luftstrahl saugend wirkt, wird sicher nicht „gewöhnlich als negativer Druck bezeichnet". Mehrfach werden Gesetze benutzt, die vorher gar nicht angeführt sind, so beim Hygrometer das Gesetz über die Sättigungsmenge des Wasserdampfes in Luft, oder bei der Laneschen Mafsflasche das Gesetz über die Beziehung von Schlagweiten des elektrischen Funkens und Potentialdifferenz. Das Gesetz von der Dampfspannung beim Sieden wird ohne jeden Beweis gegeben. Experimente über Wärmeleitung fehlen, und was über Wärmestrahlung und ihre Beziehung zu den Lichtstrahlen gesagt wird, ist ganz unzureichend; dafür wird aber in der Optik Polarisation und Doppelbrechung, ja selbst Cirkularpolarisation ausführlich behandelt. Mit der „Einheit des Nordmagnetismus", „den Massen der freien Magnetismen", der Intensität des Erdmagnetismus wird lange gerechnet, bevor eine Definition der Polstärke gegeben wird. Ebenso geht es mit der Elektrizitätsmenge und später mit der Stromstärke. Die Stromstärke z. B. wird bereits im ersten Faradayschen Gesetze benutzt, bevor überhaupt durch ein Experiment quantitative Verschiedenheiten von Strömen nachgewiesen sind. Das elektrostatische Potential wird rein mathematisch eingeführt, jede Beziehung zum Experiment, z. B. dass man auch Potentiale messen oder Potentialunterschiede experimentell feststellen kann, fehlt. Der Abschnitt über „Berührungselektrizität", zu dem hier auch Magnetinduktion, Diamagnetismus, Dynamomaschinen etc. gerechnet werden, beginnt mit dem Voltaschen Fundamentalversuch; die angegebenen Zahlen für die Potentialdifferenzen in willkürlichem Mafse müssen dem Schüler, der keine Methoden zum Vergleich von Potentialdifferenzen kennt, unverständlich bleiben. Um mit Hilfe dieser Zahlen die Potentialdifferenz an den Polen einer offenen Voltaschen Kette von **3** Elementen abzuleiten, braucht der Verfasser ein Gleichungssystem mit **100** (!) Gröfsen. Die Erklärung der galvanischen Polarisation ist vollständig falsch. Wie die Mafse für Stromstärke, Widerstand und elektromotorische Kraft eingeführt sind, läfst sich nicht erkennen, da Druckbogen **14**, auf dem das geschieht, vollständig verdruckt ist (je eine Seite ist doppelt vorhanden, die folgende fehlt). Doch kann man darauf schliefsen aus einer Bemerkung (S. **196**), wo drei Gröfsen, „elektrische Scheidungskraft, elektromotorische Kraft und Potentialdifferenz" in Parallele gestellt werden mit „Kraft, lebendiger Kraft und potentieller Energie", und aus der Thatsache, dafs bei der Induktion von elektromotorischer Kraft keine Rede ist, dagegen gesagt wird, dafs die Intensität des Induktionsstromes um so gröfser wird, je rascher die Intensität des Hauptstromes sich ändert. Der Abschnitt über Dynamomaschinen, in dem z. B. das Prinzip der Dynamomaschine in einer Figur dargestellt sein soll, ist sehr verworren. In der Optik wird von der Ätherhypothese und der Undulationstheorie als Thatsachen ausgegangen, aus denen Reflexion, Brechung, Interferenz etc. gefolgert werden. Auch die Dispersion leitet der Verfasser in wunderbar einfacher Weise daraus her: „In festen und flüssigen Körpern ist die Dichte der von den Körpermolekülen angezogenen Ätherteilchen eine gröfsere als in Gasen, es pflanzt sich also Licht von kleiner Wellenlänge in den festen und flüssigen Körpern langsamer fort als jenes von gröfserer Wellenlänge." Beim Spektrum werden die ultravioletten Strahlen erwähnt, die ultraroten aber vergessen. Auf die Physik folgt eine kurze Darstellung der elementaren Astronomie und der Chemie. Auch in diesen tritt die Induktion ganz zurück. Die Chemie giebt nur einen kurzen Auszug einer systematischen Darstellung, in der sehr viel Stoff ohne viel Zusammenhang aufgehäuft ist. Charakteristisch ist, dafs chemische Formeln und Gleichungen reichlich gebraucht werden, ohne dafs das Gesetz von den konstanten Proportionen auch nur angedeutet wäre.

Nach dem Gesagten braucht über die Brauchbarkeit des Buches in der Schule nichts zugefügt zu werden. Den österreichischen Schulen stehen für ihre oberen Klassen bessere Lehrbücher zur Verfügung. *Götting.*

Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Naturlehre. Mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der österreichischen Bürgerschulen und im Anschlusse an Swoboda-Mayers Naturlehre für Bürgerschulen. Von Dr. Karl Rosenberg. **2.** Teil. Mit **104** Textfiguren. Wien **1899**, A. Hölder. **114** S.

Was vom ersten Teile an dieser Stelle (ds. Zeitschr. *XII 51*) anerkennend hervorgehoben wurde, gilt in noch stärkerem Mafse von dem vorliegenden zweiten, eine höhere Stufe behandelnden Teile. Das Buch enthält eine Fülle instruktiver Versuche, die noch den grofsen Vorzug haben, dafs sie fast alle mit leichten Mitteln anzustellen sind. Bei dem Shawschen Versuch über das Nichttönen einer Glocke innerhalb eines Kolbens, dessen Luft durch Sieden von Wasser verdrängt wurde (S. 61), hätte vielleicht als Vorsichtsmafsregel angegeben werden sollen, dafs für den Versuch nur ein starkwandiger Kolben zu wählen ist. Das Experimentierbuch füllt ein wirkliche Lücke aus und ist allen zu empfehlen, denen die Werke von Weinhold, Heumann u. a. nicht zugänglich oder zur Anschaffung zu teuer sind. Auch bei praktischen Schülerübungen wird es mit Nutzen verwandt werden können. *O.*



Versammlungen und Vereine.

71. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in München

vom 17. bis 23. September 1899 (Schlufs).

Abteilung für Physik.

Herr WÜLLNER (Aachen) sprach über die Spektren der Kanal- und der Kathodenstrahlen. Die Kanalstrahlen wurden in der Weise hervorgebracht, dafs in eine luftleere Glasröhre ein Messinggitter eingesetzt war, welches die von einem Funkeninduktorium erzeugten Strahlen passieren mufsten. Die Röhren waren 1 m lang und besafsen 1—4 mm Durchmesser. Wenn das Leuchten von ausgeworfenen Teilen der Elektroden herrührte, so müfste man bei Anwendung der Spektralanalyse Metallspektren sehen. Alle Spektra aber waren Teile der Gasspektra. Bei den Kathodenstrahlen sieht man keine Linien des Sauerstoffspektrums. Die Kanalstrahlen zeigten keine Spur von Banden, dagegen sah man die Sauerstofflinien. Mit dem Wasserstoff war es ähnlich. Äthylen zeigte ein Spektrum, das dem Wasserstoffspektrum beinahe gleich ist. Wenn man dem Wasserstoff etwas Sauerstoff zuführte, so zeigte sich keine Änderung. Wenn man aber dem Äthylen etwas Sauerstoff zuführte, so traten mit einemmale die Banden des Kohlenstoffspektrums auf. Beim Stickstoff ist die Sache noch zweifelhaft. (Vgl. d. Zeitschr. *XI 140.*)

Herr GIESEL (Braunschweig) führte Radium und Polonium vor, welche aus Pechblende gewonnen werden. Aus 1000 kg Rohmaterial wurden 10 g gewonnen. Diese beiden radioaktiven Substanzen wirken ähnlich wie Uran phosphoreszenzerregend, jedoch in viel erheblicherem Grade und greifen die photographische Platte sehr stark an. Ein Radiumstückchen wurde in einem Bleikasten von 6 mm Wandstärke und 12 mm Deckelstärke eingeschlossen und war imstande, durch die Bleiwände hindurch einen Baryumplatincyanürschirm zum Leuchten zu bringen. Hielt man das Kästchen, in welchem sich Radium befand, an das Schläfenbein, so empfand man einen Lichtreiz: also müssen die Strahlen durch die Knochen des Kopfes gedrungen sein.

Herr HEINKE (München) berichtete über eine Reihe von Untersuchungen, die angestellt wurden, um die Energieverteilung zu studieren, welch letztere bei Anwendung des Wehneltschen Unterbrechers durch eine Gleichstromquelle entsteht. Der mit Anwendung des genannten Unterbrechers entstandene Wechselstrom kann am einfachsten als Übereinanderlagerung von Gleichstrom und sinusförmigem Wechselstrom angesehen werden. Dafür soll der Name Wellenstrom eingeführt werden. Die Leistung dieses Wellenstroms darf man nicht durch Multiplikation von Stromstärke und Spannung des Gleichstrominstruments angeben, sondern man mufs entweder mit Hülfe des Wattmeters den Energieverbrauch messen oder man verwandelt die ganze elektrische Energie in Wärme und mifst die elektrische Leistung auf kalorischem Wege.

Herr FOMM (München) liefs Büschellicht auf Trockenholz ausströmen und erhielt dadurch die Strukturbilder des Holzes. Man legt das Holz auf ein zur Erde abgeleitetes Stanniolblatt, bringt auf die abzubildende Fläche ein sehr empfindliches photographisches Papier (Eastman Paper) und stellt in 5 cm Abstand darüber eine metallische Spitze, die mit dem einen Pol einer Influenzelektrisiermaschine in Verbindung ist. Die so entstandenen Bilder sehen fast genau so aus, wie wirkliche Photographieen, sind es aber nicht. Denn bei der photographischen Abbildung sind die Jahrringe dunkel und die dazwischen liegenden Stellen hell, hier aber sind die Markstrahlen bald dunkel, bald hell, je nach ihrem Gehalt an Stärkekörnern. Man kann daher mittels der Elektrophotographie chemische Eigenschaften des Holzes ermitteln.

Herr ELSTER (Wolfenbüttel) berichtete über die von ihm auf dem Brocken und auf dem Säntis angestellten Versuche über Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre. Ein geladenes Elektroskop entlädt sich in Luft verschieden, je nachdem letztere trocken, feucht oder staubig ist und je nach der Höhe, in der sich das Elektroskop befindet. Die Entladungsgeschwindigkeit ist auch verschieden, wenn sich das Elektroskop in einem Drahtkäfig befindet, der einmal gleichnamig, das andere mal ungleichnamig elektrisch ist. Alle Versuche führten zu folgender Vorstellung: Die Luft enthält teils positiv, teils negativ elektrische Teilchen von ungefähr gleicher Menge. Die elektrische Spannung der Luft rührt von einem Überschufs der einen oder anderen Teilchen her. Bergspitzen ziehen positiv elektrische Teilchen an. Zum Schlusse wurde einem geladenen Elektroskop das bei dem Vortrag von Giesel benutzte Bleikästchen, in welchem sich Radium befand, in einer Entfernung von 50—25 cm genähert. Sofort fielen die Blättchen des Elektroskops zusammen.

Herr FALLER (Zweibrücken) trug eine neue Anschauung über die Reibung vor.

Herr EMDEN (München) führte einen schnell rotierenden Spiegel vor. Der Spiegel hatte die Gröfse eines Markstücks und trug oben eine horizontale ausgehöhlte Scheibe von gleicher Gröfse, in



welche comprimierte Luft von 8—10 Atm. einströmte. Der Spiegel wurde dadurch in so rasche Rotation versetzt, dafs er 1600 Touren in der Sekunde machte, was man durch Herabfallenlassen von photographischen Platten, auf denen sich die Lichtbilder des Spiegels markierten, bestimmte. In der Sekunde legt ein Lichtpunkt, den man durch einen auf den Spiegel fallenden Lichtstrahl erhält, 12 600 m zurück. Derselbe Vortragende zeigte auch die Schlierenbildung an comprimierter Luft. Liefs man das Licht eines Projektionsapparates auf die ausströmende comprimierte Luft fallen, so erblickte man auf einem dahinter gehaltenen Schirm abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen, die ein kegelförmiges Aussehen hatten.

Herr KLEMENCIC (Innsbruck) demonstrierte das Mitschwingen von Pendeln, welche verschiedene Länge besitzen. Ein Pendel von der Form eines Sekundenpendels trug oben an der Aufhängung ein gleichseitiges Dreieck, welches mit dem Pendel in Schwingungen versetzt wurde. Die Pendel, welche zum Mitschwingen gebracht werden sollten, waren Metallkugeln, die an Fäden aufgehängt waren. Die Längen dieser Fäden waren im Vergleich zum Hauptpendel 1, $^1/_4$, $^1/_9$. Hängte man nun diese Pendelkugeln an das Dreieck, so zeigte sich bei einzelnen ein Mitschwingen, während andere in Ruhe blieben. Wurden die Pendel an einem Haken in der Basismitte des gleichseitigen Dreiecks aufgehängt, so schwang Pendel von der Länge 1 mit, Pendel 2 blieb in Ruhe, Pendel 3 schwang wieder mit. Der Vortragende verglich diese Erscheinung mit dem Mitschwingen der Obertöne. Dann wurde eine asymmetrische Aufhängung angebracht, indem das Hauptpendel erst, wenn es aus seiner Gleichgewichtslage gekommen war, an einen Stift anschlug, der einen Arm trug. An diesem Arm wurden nun die Pendelkugeln aufgehängt; nun schwang Pendel 1 mit, Pendel 2, das dem ersten Oberton entspricht, ebenfalls, dagegen blieb Pendel 3 in Ruhe.

Herr CEREBOTANI (München) sprach über Typentelegraphie ohne Draht oder fünffache Gegentypentelegraphie ohne Draht unter Vorführung von Versuchen.

Herr PLANK (Berlin) sprach über irreversible Strahlungsvorgänge. Aus dem Vortrag ist hervorzuheben, dafs im Brennpunkt einer Linse keine höhere Temperatur herrscht, sondern nur mehr Strahlen vereinigt sind. Reflektierte Strahlen haben eine andere Temperatur, und wenn man sie auch in einem Brennpunkt wieder vereinigt, erhält man nicht die ursprüngliche Temperatur. Das Gesetz der natürlichen Strahlung und der molekularen Anordnung (nach Boltzmann) sind blofs andere Ausdrücke für den zweiten Satz aus der Thermodynamik.

Herr PRINGSHEIM (Berlin) sprach über die Verteilung der Energie im Spektrum des „schwarzen“ Körpers und des Platins nach gemeinsam mit O. Lummer ausgeführten Versuchen. Es wurde eine Reihe von Kurven vorgeführt und die Tabellen über Versuche in der physikalischen Reichsanstalt erklärt. Unter Zugrundelegung der Kurven wurde die Temperatur einer Glühlampe zu 2200° bestimmt, die der Nernstschen Lampe zu 2500°; ebenso hoch die des Auerlichts. Für die Sonne erhält man unter gleichen Voraussetzungen 5435° C., welche Temperatur dem von Pouillet gefundenen Werte entspricht, dagegen von dem durch Langley gefundenen abweicht.

Herr ASCHKINASS (Berlin) hat die Absorptionsspektra und zwar von Kalkspat, Gyps, Alaun und Marmor untersucht. Wenn der Brechungsexponent bei 50 μ oder 60 μ wesentlich gröfser ist als der extrapolierte Wert, so mufs eine anomale Dispersion bestehen. Es wurde gefunden:

Dielektrizitätsconstante für	Kalkspat	2,9	Brechungsexponent n bei 51 μ	2,7
	Gyps	2,25		2,5
	Alaun	2,58		2,5

Marmor, Gyps und Alaun besitzen anomale Dispersion an einer Stelle des Spektrums, wo die Wellenlänge des Marmors 29,4 μ beträgt. Für Bornatrium liegt die Wellenlänge für die anomale Dispersion zwischen 50 und 55 μ, für Bromkalium zwischen 60 und 70 μ.

Herr HAGENBACH-Bischoff (Basel) und Herr EMDEN (München). Mit einer Pumpe zur Compression und Verdünnung der Luft wurde folgender Versuch vorgeführt: In eine Messingplatte von 20 cm Durchmesser ist ein Rohr senkrecht eingeschraubt, und durch dieses wurde comprimierte Luft von 8 Atm. eingeblasen. Wurde eine zweite Messingplatte von derselben Gröfse nahe genug parallel zur ersten hingehalten, so wurde dieselbe so stark angezogen, dafs sie durch ein Gewicht von 2 kg nicht abgerissen werden konnte. Es wurde auch die Stellung gezeigt, bei der die durch das Blasen hervorgebrachte Abstofsung in Anziehung übergeht. Hierauf wurde ein hartgesottenes Ei mit seiner Bauchseite auf den Tisch gelegt und horizontal in Rotation versetzt. Das Ei richtete sich auf, ähnlich einem Kreisel. Bei einem weichgesottenen oder rohen Ei gelingt der Versuch nicht, da die innere Reibung das Aufrichten verhindert. Legte man das hartgekochte Ei auf den senkrecht in Höhe steigenden Strahl der comprimierten Luft, so tanzte dasselbe auf und ab, während das rohe auf dem Luftstrahl vollständig ruhig blieb. Eine gewöhnliche Sirene, bestehend aus einer Pappscheibe, die mit Lochreihen versehen war, wurde durch den Luftstrom von 8 Atm. angeblasen und auf einem



Centrifugalapparat herumgedreht. Die dadurch hervorgebrachten Töne klangen wie eine Orgel. Man liefs die comprimierte Luft durch den unteren Teil einer Orgelpfeife, deren oberer Teil abgenommen war, strömen, wodurch man ein unerträgliches Geräusch erhielt. — In der Diskussion wurde erwähnt, dafs man diesen Versuch auch mit flüssiger Kohlensäure anstellen kann, wenn man eine Flasche vorschaltet.

Herr **Dieterici** (Hannover) spricht über die Zustandsgleichung von van der Waals.

Herr **Kahlbaum** (Basel) sprach über fraktionierte Destillation von Metallen. Zu den Versuchen wurde ein Destillationsofen, eine Luftpumpe und ein Manometer verwendet. Die meisten Metalle wurden in Glas- oder Porzellanröhren destilliert. Zinn (Schmelzpunkt 480) ist das Metall, welches am schwierigsten destilliert. Es sind fast alle Metalle destilliert worden, u. a. auch Selen und Tellur. Silicium und Mangan lassen sich leicht destillieren, Kupfer nur aus Porzellan. Das destillierte Kupfer bildet eine zusammenhängende krystallinische Masse; die Krystalle bestehen aus Würfeln und Oktaëdern. Das Gold siedet unschwer und läfst sich in Glas kochen. Dagegen läfst es sich ebenso wie Silber, Kupfer und Eisen nur in Porzellan destillieren. Chrom greift die Glasur des Porzellans sehr stark an. Auch Aluminiumzirkon konnte verdampft werden. Zum Schlufs wurde das Destillationsprodukt eines 10 Pfg.-Stückes gezeigt. Man konnte daran deutlich die Kupfer- und Nickelkrystalle erkennen. — In der Diskussion teilte Lummer mit, dafs die Porzellanfabrik in Charlottenburg eine neue Masse hergestellt habe, die bei 1680° nicht schmilzt und leichter formbar ist wie Porzellan.

Herr **Martens** (Berlin) trug vor: a) Über ein neues Polarisationsphotometer für weifses Licht. b) Über ein Vergleichskolorimeter für Spektroskope.

Herr **Levy** (Berlin) demonstrierte einen Quecksilberunterbrecher für Funkeninduktoren. An einem Zylinder sitzen keilförmige Kupferstreifen, deren Spitzen nach unten gerichtet sind. Aus einer Düse strömt ein Quecksilberstrahl auf die Kupferkeile. Das Ganze befindet sich in Petroleum und wird durch einen Elektromotor in Rotation versetzt. Durch Heben oder Senken des Zylinders konnte man die Funkenlänge regulieren. Es wurde bei 130 V. und 2 A. und bei 20 V. und 6 A. gearbeitet. Der Apparat wurde mit 2000 Unterbrechungen in der Minute vorgeführt, doch kann man mit demselben 24000 Unterbrechungen in der Minute hervorbringen.

Herr **Arons** (Berlin) trägt vor: Über den Lichtbogen zwischen Metallelektroden. Er untersucht die Minimumspannung, welche notwendig ist, um einen elektrischen Lichtbogen zwischen verschiedenen Metallen in Luft und bei einer anderen Versuchsreihe in Stickstoff hervorzubringen. Die Kohle eignet sich nicht zu diesen Versuchen, weil sie vergast.

Herr **Straubel** (Jena) sprach über die Energiebahnen des gebeugten Lichtes.

Abteilung für Chemie.

Aus der grofsen Zahl der Vorträge seien nur folgende hervorgehoben:

Van 't Hoff (Berlin): Über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen. — **Krämer** (Berlin) führte die Entstehung des Erdöls auf das Pflanzenreich zurück, was von **Engler** (Karlsruhe) bestritten wurde, der an der Ansicht festhält, dafs das Petroleum aus animalischen Fetten entstanden sei. — **Werner** (Zürich): Neue Untersuchungen über Kobaltammoniake. Es ist dem Vortragenden gelungen, zwei Reihen isomerer Salze herzustellen, welche aufser stereochemischer Verschiedenheit auch noch dadurch differieren, dafs Radikale der Salze sich von zwei verschiedenen Formen einer tautomeren Säure ableiten. — **Küster** (Clausthal) sprach über elektrolytische Fällung von Metallen aus gemischten Lösungen; ferner wies der Vortragende nach, dafs die Metalle Calcium, Baryum, Strontium durch Anwendung eines Gemisches von Kaliumsulfat und Karbonat sich analytisch trenen lassen. — **v. Loeben** (Dresden) führte einen Filtrierapparat für chemische Laboratorien vor. Durch eine Radfahrluftpumpe wird ein Druck über der zu filtrierenden Flüssigkeit erzeugt. — **Bleier** (Wien) sprach über Dampfdichtebestimmung des Schwefels, dessen Molekül bei 500° aus sechs Atomen, bei 1000° infolge zunehmender Dissoziation nur noch aus zwei Atomen besteht. Bei noch niedrigerer Temperatur, d. h. unter dem Siedepunkt und entsprechend geringem Druck erhält man eine Dichte, welche einer noch gröfseren Atomzahl entspricht. — **Marx** (München) ist auf grund arithmetischer Betrachtungen zu der Ansicht gekommen, dafs die Zahlen 14 und 19 eine besondere Rolle bei den Atomgewichtszahlen spielen.

Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht.

Adami (Hof) und **Halboth** (München) führten Galvanometerversuche vor. Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.

Recknagel (Augsburg) sprach über den Anfangsunterricht in der Algebra.



Krebs (Hagenau): In welcher Weise kann der Realschulunterricht besonders in den Naturwissenschaften um den geographischen Unterricht conzentriert und ihm solcher Gestalt ein zeitgemäfses Ziel wirtschaftlicher Vorbildung gesetzt werden?

Archenhold (Treptow) zeigte seine auch in der Ausstellung aufgestellten Mondreliefs und zwar das „Mare imbrium“ vor.

Fischer (München) demonstrierte Unterrichtsmodelle zur Mechanik. Zunächst führte der Vortragende ein Wellenmodell vor. 25 cylindrische Bleistücke von 2 cm Höhe und 6 cm Durchmesser und 25 solche Bleistücke von 4 cm Höhe sind an Fäden von 50 cm Länge aufgehängt. Diese Fäden werden oben an eine 5 m lange eiserne Stange mittels Ösen eingehakt. Durch die Mittelpunkte aller dieser Cylinder ist eine Gummischnur gezogen. Das eine Ende der Gummischnur ist frei, während das andere Ende an einem Stativ festgebunden ist. Setzt man nun das freie Ende mit der Hand in eine hin- und hergehende Bewegung, so pflanzt sich diese Bewegung wellenförmig bis zum anderen Ende fort. Es wurde dann die Interferenz der Wellen, sowie die stehenden Schwingungen gezeigt. Ebenso wurden durch Anziehen und Nachlassen der Gummischnur Longitudinalwellen hervorgebracht. Man konnte auf den ersten Blick ablesen, dass $\frac{l}{t} = V$. Wenn nun das vorher festgemachte Ende losgebunden wurde, und man erregte an dem gleichen Ende wie zuvor wieder eine Welle, so trat an der Stelle, wo sich die dickeren Bleistücke befanden, teilweise eine Fortpflanzung der Welle und teilweise eine Reflexion ein. — Ein zweites Wellenmodell hatte folgende Einrichtung: Von der Decke des Hörsaales herab hingen ca. 40 Bleikugeln, die durch Spiralfedern gegenseitig verbunden waren. Jede Bleikugel hatte unter sich an einer 1,2 m langen Schnur wieder ein Bleistück hängen. Versetzte man die oberen Bleikugeln in rasche Wellenbewegung, so blieben die unteren Kugeln ohne Ausnahme in Ruhe, wurde aber die Wellenbewegung der oberen Bleikugeln langsam hervorgebracht, so folgten die unteren den oberen Kugeln vollständig.

Hierauf zeigte der Vortragende eine schallempfindliche Flamme, die aus einem oben zugespitzten Bunsenbrenner mit Drahtnetz erzeugt war. Oben darüber befand sich ein dünner Platindraht, der durch die Flamme in weithin sichtbare Weifsglut versetzt wurde. Schlug man nun eine Stimmgabel an und drehte dieselbe vor der Flamme um die Axe des Stieles, so leuchtete die Flamme bald stärker, bald schwächer, je nach der Stellung der Gabelzinken zur Flamme.

Das Beharrungsvermögen wurde mit einer Centrifugalmaschine gezeigt. Eine feste berufste Platte war unter der Centrifugalmaschine aufgestellt; an der Maschine war eine Kugel eingeklemmt; wurde die Maschine in Bewegung gesetzt, so beschrieb die Kugel auf dem Rufse Kreise, und wenn sie fortgeschleudert wurde, geschah dies in der Richtung der Tangente. Wurde die Scheibe, die vorher festgestanden hatte, mit herumgedreht, so erhielt man ganz andere Kurven.

Um den Begriff der Masse zu erläutern, wurden Bleirollen von verschiedenem Gewichte an die beiden Enden einer horizontal auf dem Tisch ausgespannten Feder gehängt und hierauf die Feder losgelassen. Aus der Bewegung der Rollen konnte man einen Schlufs auf die Masse ziehen.

Hierauf wurde ein Elektromotor aufgehängt und durch einen Strom der Anker in Rotation versetzt. Es drehte sich dann der ganze Elektromotor mit herum (Prinzip der actio und reactio).

Verschiedene Bleistücke sind an einem einzigen Faden übereinander aufgehängt. Zieht man am unteren Ende des Fadens langsam, so reifst der Faden zwischen den Bleistücken ab; zieht man rasch, so bleiben die Bleistücke in Ruhe, während der Faden unten zerreifst. Es folgte noch der ebenfalls bekannte Versuch mit den Handlschen (Augustschen) Fallkugeln.

Herberich (München) begründete Thesen zur Schulreform und Unterrichtshygiene.

Schmid-Monnard (Halle a. S.) referierte über Thesen zur Schulreform und Unterrichtshygiene.

Weber (Strafsburg) und Hauck (Berlin) berichtete über die Ordnung des mathematischen Universitätsunterrichtes auf grund der neuen preufsischen Prüfungsordnung.

Schotten (Halle a. S.) sprach über die Stellungnahme des Gymnasialunterrichtes gegenüber der Neuordnung der Lehramtsprüfung in Preufsen.

Rudel (Nürnberg) sprach über die neue bayerische Prüfungsordnung für das Lehramtsexamen der Lehrer für Mathematik und Physik.

Nicht in einer der 37 Abteilungen, sondern aufserhalb des Rahmens der Abteilungen sprach zum Schlusse der Versammlung noch

v. Schrön (Neapel) über die Entstehung der Krystalle aus Bacillen und Bakterien. Eine aufserordentlich grofse Reihe von Bildern zeigte die verschiedenen Stadien der Ausscheidungen der Bacillen von Cholera nostras und Cholera asiatica sowie verschiedener anderer Bacillen. Der Vortragende unterscheidet 4 Stadien der Ausscheidungen: 1. eine seröse Flüssigkeit; 2. eine gasartige Ausscheidung;

3. Albuminausscheidungen, welche wahrscheinlich die Toxine enthalten, und 4. als letztes Stadium die Krystalle. Während die Krystalle der Cholera nostras rhombenförmig waren, hatten die Krystalle der Cholera asiatica die Form von rechteckigen Säulen. Durch den vom Vortragenden als Entogenie bezeichneten Vorgang bilden sich im Innern der Krystalle neue Krystalle, welche den Mutterkrystall durchbrechen und sich aufserhalb des Krystalls begeben. Auf einem Bild war ein Krystall zu sehen, der 19 Tage gebraucht hatte, um aus seinem Mutterkrystall herauszukommen. Der Vortragende behauptet, aus den Krystallen das Auftreten der Lungenphthisis schon erkennen zu können, wenn noch keine Spur von Bacillen im Sputum nachzuweisen ist.

An jedem Tag wurden aufserdem noch in Linde's Etablissement Versuche mit flüssiger Luft angestellt und erklärt, in welcher Weise die flüssige Luft als Sprengstoff benutzt wird. Letzteres geschieht dadurch, dafs Paraffin mit Kieselguhr vermischt und zum Schlusse mit flüssiger Luft imprägniert wird. Petroleum mit Kieselguhr vermischt und mit flüssiger Luft imprägniert, ist unbrauchbar, weil das Gemisch sofort explodiert.

Die Ausstellung.

Über die Ausstellung kann nur in der Weise berichtet werden, dafs das Hauptsächlichste hervorgehoben wird, womit aber nicht gesagt sein soll, dafs das Nichterwähnte bedeutungslos gewesen wäre.

Professor Dr. Chun (Leipzig) hatte von der Tiefseeexpedition der „Valdivia" eine grofse Anzahl prachtvoller photographischer Abbildungen, sowie eine Menge von Tiefseetieren, alle vorzüglich präpariert und vielfach Unika, ausgestellt.

Hauptsächlich durch Funkeninduktoren waren vertreten: die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin; Reiniger, Gebbert & Schall (Erlangen); Max Kohl (Chemnitz); Dr. Levi (Berlin): Voltohm (München); elektrotechnisches Institut (Frankfurt a. M.); Ernecke (Berlin); Siemens & Halske (Berlin).

Ferner hatten ausgestellt: Linnaea: Haverlandt & Pippow (Wilmersdorf bei Berlin): aufgeschnittene Tiere mit verschiedenen Injektionsflüssigkeiten gefärbt; Photocol-Gesellschaft: Brendel (Grunewald bei Berlin): Diatomeen aus Glas; Dr. Field (Schweiz) einen internationalen Zettelkatalog; Professor Ducrue (München) stellte in der Form, wie alljährlich in dieser Zeitschrift die Sonnenbahn verzeichnet ist, sowohl die Sonnen- als auch die Mondbahn dar.

Archenhold (Treptow) hatte verschiedene Mondreliefs zur Ausstellung gebracht. Riefler (München) war durch seine bekannten astronomischen Uhren vertreten, ebenso die Firma Neher (München) durch Präzisionsuhren. Cerebotani (München) hatte eine Serie seiner Typendrucktelegraphen ausgestellt.

Adami, *Hof.*

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 8. Mai 1899. Herr Strecker zeigte und erläuterte die Einrichtungen des neuen physikalischen Hörsaals der kaiserlichen Post- und Telegraphenschule. Er führte vor: einen Motortransformator und ein mechanisches Modell einer Drehstromübertragung. Er zeigte durch Projektion: eine Herleitung der Gedächtnisregel für die Richtung der induzierten elektromotorischen Kraft, die Arbeitsweise eines Modells für die Schiebersteuerung einer Dampfmaschine und die Kapillardepression des Quecksilbers. Er machte einen Vorlesungsversuch, um die Verschiedenheit der Dielektrizitätsconstante für verschiedene Medien nachzuweisen. Er zeigte die Wanderung eines schwimmenden Magnetpoles entlang einer Kraftlinie. Er wies mit einem Mefshebel die Ausdehnung von Eisen, Messing und Glas und das Archimedische Prinzip nach. Er stellte mittels leichter Hertzscher Spiegel Versuche mit elektrischen Wellen an.

Sitzung am 29. Mai 1899. Herr Schwalbe zeigte ein von dem Mechaniker Herbst angefertigtes Modell eines Automaten, ein von dem Glasbläser Niehls hergestelltes Breguetsches Thermometer und das Modell eines Gasmotors von Richter-Wandsbek (vgl. d. Zeitschr. *XII 265*). Er machte dann eingehende Mitteilungen über die neueingerichteten Kurse zur Vorbildung und Weiterbildung der Lehrer der Naturwissenschaften (vgl. d. Zeitschr. *XII 319*). — Herr Fordemann gab eine Erklärung eines von d'Ocagne angegebenen und im Conservatoire des arts zu Paris aufbewahrten Diagramms, mit dem man durch Ziehen einer Linie die Entfernung zweier Orte der Erde aus deren Längen und Breiten bestimmen kann. — Herr R. Heyne machte nähere Angaben über die Kosten des elektrischen Anschlusses im Falk-Realgymnasium.

Am 28. Juni 1899. Besichtigung der Schlofsbrauerei zu Schöneberg.

Sitzung am 11. September 1899. Herr P. Heitchen empfahl zur Vergleichung kleiner mechanischer Kräfte Federwagen. Er wickelte Zitherdrähte um einen Federhalter, hängte die einzelnen so



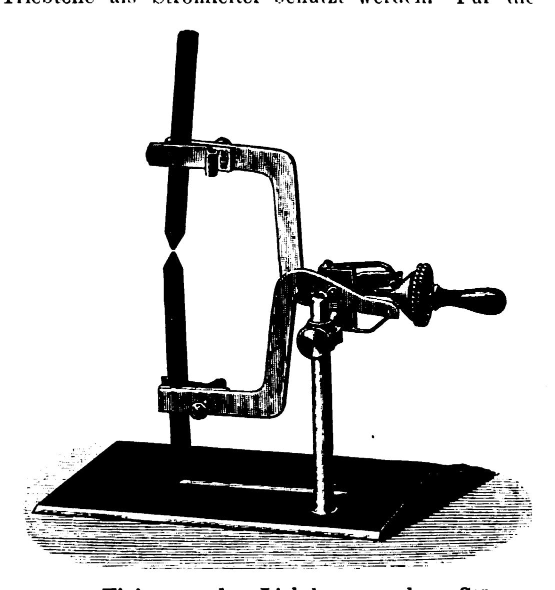
erhaltenen Spiralen aneinander und befestigte unten daran als Schale eine Streichholzschachtel, in die er Münzen als bekannte Massen (vgl. *Carry*, *Experimentalphysik 44*) einlegte. Er bestimmte damit z. B. die Masse eines Markstückes. Er gab verschiedene Verfahren an, um aus solchen Messungen die genauesten Werte durch Interpolation zu berechnen. Er stellte einen einfachen und sicheren Widerstand her, indem er blanken Draht mit einer Petroleumlampe erwärmte und dann auf ein Brettchen einer Cigarrenkiste aufwickelte, wodurch er eine sehr feste Lagerung des Drahtes erzielte. — Herr Johannesson gab ein Verfahren zur Herstellung einfacher Lampenwiderstände an.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neue Bogenlampe für Handregulierung.

Von Dr. Stöhrer und Sohn in Leipzig.

An Stelle der umfangreichen automatisch regulierenden Bogenlampe wird für kürzere Vorführungen, namentlich bei Spektralversuchen, ein einfacher guter Handregulator in der Camera oft erwünscht sein. Die seither zu diesem Zwecke gebräuchlichen Lampen sind meist mittelst Triebwelle und Triebstange einstellbar und haben bei zunehmender Erwärmung unter der Dehnung der Triebstangen zu leiden, namentlich dann, wenn die Triebteile als Stromleiter benutzt werden. Für die Neuconstruktion einer solchen Lampe wurden nun folgende Bedingungen gestellt: Wegfall aller Triebe, möglichste Einfachheit und Sicherheit beim Gebrauch; Stellbarkeit nach allen Richtungen und solche Form, dafs der Apparat in älteren kleinen Projektionslaternen verwendet werden kann. Diese Bedingungen wurden, wie sich aus nachstehender Beschreibung der Lampe ergiebt, gut erfüllt.



Auf einer Metallplatte, welche in die Projektionscamera eingeschoben wird, ist ein Hebelpaar befestigt. Der Halter dieser Hebel ist an einem Metallstab vertikal durch Schraubenklemmung verstellbar, um den Lichtpunkt in die Höhe der optischen Achse grob einstellen zu können. Die gleiche Schraubenklemmung bewerkstelligt auch die horizontale Einstellung. Beide Hebel sind auf einer gemeinschaftlichen Achse in jede Winkelneigung zu bringen. Es ist dadurch die beliebige Schrägstellung der Kohlen und volle Ausnutzung, sowie sofortige genaue Fixierung des Lichtbogens ohne Störung desselben ermöglicht.

An der Befestigungsplatte der Hebel ist rechtwinklig zur Drehungsachse ein Kegelstück mittelst Gewinde verstellbar angebracht. Die kurzen Hebelarme ruhen auf diesem Kegel, durch Federdruck mäfsig angeprefst. Es ist nun leicht ersichtlich, dafs die geringste Drehung dieses Kegels eine Änderung der Lichtbogenlänge hervorrufen mufs, und dafs so mit gröfster Einfachheit der Lichtbogen reguliert werden kann. Auf dieser Einrichtung beruht der Vorzug dieser neuen Lampe. Selbstverständlich sind diese Lampen für jede Stromstärke, jede Kohlenlänge, sowie gleich gut für Wechsel- und Gleichstrom einzurichten. Da eingangs dieser Beschreibung die Benutzung für Spektralzwecke besonders betont ist, ist es nötig, daran zu erinnern, dafs bei der Spektrallampe die untere Kohle als positive benutzt wird, was bei den automatisch regulierenden Lampen nicht angeht. Um Kohlenstäbe ganz verschiedener Stärken für eine Lampe verwenden zu können, wird (wie auch bereits hergestellt) der untere Halter vor- und rückwärts, der obere Halter seitlich verstellbar gemacht. Die Stromleitung wird von isolierten Polklemmen mittelst beweglichen isolierten Kabels direkt den Kohlen zugeführt. Der Griff des Stellkegels ist eine Steinplatte.

Diese Bogenlampe ist in dem neuen Projektionskataloge der Firma Stöhrer unter No. 20 zum Preise von 35 Mark eingestellt und genannter Firma gesetzlich geschützt.

Correspondenz.

Das 3. Heft d. vor. Jahrganges bringt eine von Herrn H. Böttger verfafste Recension meiner *„Einführung in das chemische Praktikum für den Unterricht an den höheren Lehranstalten“*, die eine Erwiderung nötig macht.

Der Herr Rezensent eifert gegen die Anwendung der chemischen Symbole als Abkürzungen für Worte. Thatsächlich werden aber in der chemischen Litteratur, die Lehrbücher nicht ausgenommen, Abkürzungen in dem Sinne gebraucht, dafs man das chemische Symbol für das Wort setzt, ich erinnere hier nur an das nun in 14. Auflage erschienene Lehrbuch der anorganischen Chemie von Lorscheid-Hovestadt, ferner an die Anleitung zur chemischen Analyse von Beilstein, sowie an das vorzügliche Lehrbuch der technischen Chemie von H. Ost; in letzterem findet sich z. B. auch der Buchstabe **N** als Abkürzung für Stickstoff (S. 375 „die N-freien Stoffe ...“). Der verständige Leser wird mit derartigen Abkürzungen stets den richtigen Sinn verbinden, sofern er nicht nach Anschauungen unterrichtet worden ist, denen so ausgesprochen wie den Böttgerschen die Schablone anhaftet. Durchaus unrichtig ist sodann auch die Angabe des Referenten, die Bezeichnung **N** als Abkürzung von „Normal“ sei ungebräuchlich. Es sei hier vorab auf das kürzlich herausgekommene Werk „Chemisch-technische Untersuchungsmethoden“ von Prof. Dr. G. Lunge (Springer, Berlin 1899) verwiesen, wo die vom Kritiker beanstandete Abkürzung ebenfalls angewendet wird. Im schweizerischen Lebensmittelbuch, bearbeitet vom Verein schweiz. analytischer Chemiker (Bern 1899) heifst es auf S. VI: „Die Normallösungen sind in folgender Weiee bezeichnet: **N** = Normal“. Die Zahl der Belege, die die Unhaltbarkeit der Behauptung Böttgers darthun, liefs sich unschwer vergröfsern. —

„Die Osone fehlen merkwürdigerweise“, schreibt der Herr Rezensent. Das ist keineswegs merkwürdig, und zwar aus dem einfachen Grunde nicht, weil das Oson entfernt nicht in dem Mafse zur Vornahme einer Reaktion sich eignet, wie das Osazon. Wenn der Referent die Dextroseformel beanstandet, so liegt dies daran, dafs er eben die gewöhnliche Constitutionsformel mit einer Raumbezw. Projektionsformel vertauscht; letztere ist aber gar nicht nötig — es ist von dieser auch mit keiner Silbe die Rede —, um dem Schüler den Übergang der Aldose in das Hydrazon und Osazon durch Gleichungen zu veranschaulichen.

Es passiert dem Referenten ferner, dafs er den Satz: „Diejenigen hydroxylierten Manganverbindungen, in deren Molekül die elektropositiven Atome vorherrschen, sind Basen, z. B. $Mn(OH)_2$ und $Mn(OH)_3$; ist dagegen die Zahl der elektronegativen Atome gröfser als die der positiven, so sind die Verbindungen Säuren, z. B. H_2MnO_4 und $HMnO_4$“, mit der elektrolytischen Dissociationstheorie verquickt, obschon er, wie man schon auf den ersten Blick sieht, mit dieser Theorie nichts zu schaffen hat, denn es wird hier ausdrücklich von Atomen und nicht von Ionen gesprochen. Indem Herr Böttger, wie er selbst zugiebt, die Stoffverteilung an der St. Galler Kantonsschule nicht kennt, so diene ihm die Bemerkung, dafs am hiesigen Gymnasium dem Unterricht in anorganischer und organischer Chemie in zwei Jahreskursen je drei wöchentliche Stunden und für das chemische Praktikum während einem Jahre fünf Stunden wöchentlich eingeräumt sind, und dafs die Schüler (das Durchschnittsalter beträgt 19½ Jahr) das chemische Praktikum erst besuchen, nachdem sie einen Jahreskurs in anorganischer Chemie absolviert haben; in diesem wird auch die elektrolytische Dissociationstheorie besprochen, sodafs es dann nicht mehr nötig erscheint, bei den Reaktionen der Salzsäure im Praktikum noch einmal auf das verschiedene Verhalten des Chlorions gegenüber dem des nicht mit einer elektrischen Ladung behafteten freien Chloratoms besonders hinzuweisen.

Wenn endlich Herr Böttger auch noch gegen die Einführung des Ionenbegriffs Bedenken trägt, so dürfte er damit höchstens beweisen, dafs er es bis jetzt unterlassen hat, in seinem Unterrichte die Dissociationstheorie anzuwenden. *Steiger*, St. Gallen.

Zu den vorstehenden Ausführungen habe ich Folgendes zu bemerken. Die Thatsache, dafs in einigen zum Gebrauch an höheren Lehranstalten bestimmten Lehrbüchern der Chemie die chemischen Symbole und Formeln zur Abkürzung von Worten verwendet werden, ändert nichts daran, dafs diese Anwendung für den Schulunterricht aus dem Grunde bedenklich ist, weil durch ihn die ursprüngliche Bedeutung jener Zeichen verwischt und gerade die schablonenhafte Anwendung derselben herbeigeführt wird, die der Verf. obiger Entgegnung meinen Anschauungen vorzuwerfen für gut befindet. Es ist mir auch durchaus nicht neu, dafs H. Ost in seinem vorzüglichen Lehrbuch der technischen Chemie aus Raumersparnis Abkürzungen, wie N-frei, sehr viel verwendet. Dieses Buch ist aber ebensowenig wie Beilsteins Anleitung zur chemischen Analyse für den Gebrauch im Schulunterrichte bestimmt, und in meiner Besprechung ist (S. 185) gerade das Wort Schulbuch gesperrt



gedruckt. — Die Abkürzung N- für „normal“ ist doch nicht so allgemein gebräuchlich, dafs es dem Verf. seinem Versprechen gemäfs unschwer gelingen dürfte, die Zahl der betreffenden Belege zu vergröfsern; auch habe ich in der Besprechung den Grund, weshalb mir diese Bezeichnung (in einem Schulbuch) unzweckmäfsig erscheint, angegeben, ohne eine Widerlegung in den Ausführungen des Verf. erfahren zu haben. — Die von mir ganz nebenbei gemachte Bemerkung hinsichtlich der Osone hebt der Verf. als unbegründet hervor, ohne auf den Kernpunkt meiner Darlegungen einzugehen, dafs nämlich nach meinem Dafürhalten die von ihm als Phenylhydrazinprobe bezeichnete Reaktion nicht in den Schulunterricht hineingehört, einfach deshalb nicht, weil sie die Schüler nicht verstehen. Ich habe auch durchaus nicht die Raumformel der d-Glukose mit der gewöhnlichen Strukturformel verwechselt, vielmehr gerade hervorgehoben, dafs die vom Verf. angewendete und in meiner Besprechung wiedergegebene Schreibweise da, wo stereoisomere Verhältnisse in Betracht kommen können, zur Veranschaulichung der letzteren dient. — Der vom Verf. angegebene Unterschied zwischen den sauren und basischen Hydroxyden des Magans ist mir heute noch ebenso unverständlich wie damals, als ich die Besprechung niederschrieb; ich wäre dem Verf. dankbar gewesen, wenn er mir eine Erläuterung zu seinen Worten gegeben hätte, anstatt mir vorzuwerfen, ich habe den betreffenden Satz mit der Ionentheorie „verquickt“. Ich habe doch gerade nachzuweisen mich bemüht, dafs der Verf. mit seinen elektropositiven und -negativen Atomen die Ionen nicht gemeint haben kann. Nach den heutigen Ansichten giebt es überhaupt nicht elektropositive und -negative Atome. Das kleinste Massenteilchen eines Elements ist entweder elektrisch neutral: dann ist es ein Atom, oder es ist mit einer elektrischen Ladung behaftet: dann ist es ein Ion. Die Bezeichnung des Verf. ist vielleicht als Überbleibsel der längst überwundenen Berzeliusschen elektrochemischen Theorie zu erklären. — Für die Belehrung in Bezug auf die Stoffverteilung des chemischen Unterrichtes an seiner Anstalt statte ich dem Verf. geziemenden Dank ab: ich hege indes auch jetzt noch einige Zweifel, ob die Schüler, wenn sie nach Absolvierung eines dreistündigen Jahreskursus in der anorganischen Chemie an die praktischen Übungen im Laboratorium herantreten, wirklich dabei mit Vorteil einen Leitfaden benutzen können, welcher auf der Ionentheorie aufgebaut ist, auch wenn die Anwendung dieser Theorie consequenter durchgeführt wird, als es, wie ich schon einmal hervorheben mufste, in dem Buche des Verf. geschehen ist. Es wird wohl auch anderwärts nur mit Wasser gekocht, und so sehr ich persönlich von der Richtigkeit und der aufserordentlichen Fruchtbarkeit der erwähnten Theorie überzeugt bin, so trage ich trotz der Ausführungen des Verf. auch heute noch Bedenken, ob es möglich ist, selbst $19\frac{1}{2}$jährigen Schülern Begriffe mit hinreichender Klarheit zu entwickeln, die im chemischen Denken geschulten Männern vor noch nicht zu langer Zeit so ungeheuerlich erschienen, dafs die Anhänger der Ionentheorie des Spottes genug über sich ergehen lassen mufsten. *H. Böttger*, Berlin.

Anleitung zum Gebrauch der astronomischen Tafel für 1900.

Die wechselnden Pfade, auf denen der Mond und die Planeten in Monaten, Jahren, Jahrzehnten den Fixsternhimmel umwandern, liegen seit Menschengedenken immer innerhalb einer Zone, des Tierkreisgürtels, und drängen sich am dichtesten längs der Ekliptik, d. h. Finsternislinie, zusammen, welche selbst die unveränderliche, jährlich von der Sonne durchmessene Bahn bildet.

Der Fixsternhimmel wird täglich um den Wohnplatz des Beobachters herumgedreht und zwar um eine Achse, deren Neigung man Polhöhe nennt, und die zum Wohnplatz des Beobachters ewig fest steht, zum Himmel aber nur etwa für eine Lebenszeit. Augenblicklich stützt sich der Himmel im nördlichen Polarstern auf die Achse. Projiziert man sie auf den Horizont, so erhält man den Nordpunkt und damit die übrigen Himmelsrichtungen. Sterne, welche im Ostpunkt aufgehen, z. B. α in den Fischen, δ im Gürtel des Orion (der oberste), η und ζ in der Jungfrau, ϑ im Adler, durchlaufen bei dem täglichen Umschwung das blaue auf dem Wohnplatz ruhende Himmelsgewölbe in derselben Spur, der eine tritt in des anderen Fufsstapfen. Alle gehen genau im Westpunkt unter, sind 12 Stunden über dem Horizont. Ein nach ihnen gerichteter Stab steht auf einem dauernd nach dem Polarstern zeigenden Stab immer senkrecht. Zweimal im Jahre folgt auch die Sonne dem täglichen Lauf dieser Sterne, z. B. am 21. März, wo sie vom Sternbild der Fische aus, wie ein Zuschauer im Theater auf die Bühne, in die Welt hineinsieht. An dem Punkte der Ekliptik, wo dann die Sonne steht (Frühlingspunkt), denkt man sich das Schlofs des Gürtels geöffnet und ihn zu einem Streifen ausgebreitet, den Karte I darstellt. Längs der Ekliptik wird die Länge, quer dazu die Breite gemessen. In der Figur ist ein Grad = 1 mm. Da der Äquator halb über, halb unter der Ekliptik liegt, so wird er in der Figur zu Berg und Thal. Die Karte zeigt, dafs z. B. am



23. April die Sonne an der Grenze von Widder und Stier weilt. Man mufs also nach Sonnenuntergang die benachbarten Sternbilder Zwillinge und Fuhrmann am Westhimmel finden.

Stellt man sich die Schultern und die Füfse des Orion vor um die Zeit, wo sein Gürtel aufgeht, so sieht man, dafs die Schultern den Horizont mehr nach Norden zu geschnitten haben müssen und länger sichtbar sind als der Gürtel, die Füfse nach Süden zu den Horizont passieren werden und kürzere Zeit sichtbar sind. Von der Sonne am 23. April mufs ähnliches gelten wie von den Schultern des Orion.

Nach der Tabelle in Karte VII beginnt ein siderischer Monat am 29. III 16^h (bürgerlich 30. III 4^h morgens). Wo steht der Mond am 24. April 4^h morgens? Die Zwischenzeit beträgt 25 Tage. Verlegt man den Punkt 25 der Karte VII in den Tierkreisgürtel I, so kommt man auf die rechte Seite des Sternbildes Wassermann. Man erkennt aus VII den auffälligen Unterschied der Tageswege des Mondes unter den Fixsternen zur Zeit des Apogaeum und des Perigaeum. Durch Vergleichung des Mond- und Sonnenortes ergiebt sich die Gröfse der Mondphase.

Auf HÖFLER's Anregung sind, wie schon im Vorjahr, aufser den Tagesstationen des mittelsten siderischen Monats 1900, auch noch einmal die für 1899 angegeben. Wer will, kann daher durch Interpolation den Mondort unter Berücksichtigung der Jahreszeit noch genauer bestimmen, ihn z. B. ein wenig von 25 nach 25′ verschieben. Die Tabelle: „☾ in 0“ war bisher immer nur durch die mittlere Dauer des siderischen Monats abgeleitet, sie ist diesmal mit Rücksicht auf die Mittelpunktsgleichung der elliptischen Bewegung berechnet, es wird daher vom Ende eines Jahres zum Anfang des nächsten nicht mehr ein Sprung von mehreren Stunden stattfinden. Es ergab sich, dafs der siderische Monat im Jahre 1900 durchschnittlich $27^d\ 8^1/_2{}^h$ lang ist, das aus langen Perioden gewonnene Mittel ist bekanntlich $27^d\ 7^3/_4{}^h$.

Man erkennt aus Karte III bis VI leicht die Gröfse, Breite, Gestalt der Planetenschleifen. In der Mitte der Schleifen sind die oberen Planeten am besten zu sehen, sie stehen dann mit der Sonne in Opposition. Die unteren Planeten sind zwar in der Mitte der Schleife selbst unsichtbar, weil sie mit der Sonne in Conjunktion stehen, erlangen aber je einige Wochen vorher und nachher ihre beste Sichtbarkeit. Die Stellung der unteren Planeten zur Sonne ergiebt sich noch deutlicher aus Karte VIII. Merkur wird in grofser Elongation links von der Sonne, daher als Abendstern, im März und Juni mit blofsem Auge zu sehen sein — ein Anblick, nach dem Copernicus vergeblich sich sehnte. Die Ekliptik liegt abends im März sehr steil, im Juni hat sie ihre mittlere Neigung zum Horizont. Eine sehr flache Lage ist der Sichtbarkeit ungünstig.

Das wechselnde Antlitz des Sternhimmels bildete die genaueste Uhr der Alten. Legt man vom Polarstern über β Cassiopejae am Himmelsgewölbe einen gekrümmten Zeiger, so trifft dieser auch α Andromedae und den Frühlingspunkt. Wenn dieser Zeiger am höchsten steht, soll 0^h, wenn am tiefsten, 12^h Sternzeit sein. Eine Pendeluhr läfst sich so einrichten, dafs ihr Hauptzeiger die eben erklärte Sternzeit angiebt. Geht in einem hochstämmigen Walde eine Schneuse genau nach Süden, so kann man von ihr aus überhaupt nur immer eine, vom Pole ausgehende Reihe von Fixsternen sehen, welche zu einer bestimmten Sternzeit, α, den Meridian passiert, ähnlich wie das Wild im Walde wechselt. Man nennt α die Rektaszension. (In Quito, wo die Weltachse horizontal liegt und die Sonne immer um 6^h auf-, um 6^h untergeht, kann man die einem bestimmten α entsprechenden Sternreihen viel einfacher finden, wenn man zusieht, welche Sterne Stunde für Stunde gleichzeitig aufgehen. Daher stammt der an die sphaera recta erinnernde Name.)

In Tafel II und II^a sind solche Sternreihen durch die etwas schräg aufwärts gehenden Linien dargestellt, die unten mit dem zugehörigen Wert von α bezeichnet sind. Ferner sind dort Parallelkreise zum Äquator gezeichnet, die für die geographische Breite oder Polhöhe von Berlin und Wien angeben, bei welchen Sternen der halbe Tagesbogen statt 6^h wie am Äquator je $^1/_2{}^h$ mehr oder weniger beträgt. Kennt man z. B. vom Antares (α Scorpii) die Culmination nach Sternzeit $\alpha = 16^h\ 22^m$, ferner den halben Tagesbogen $^1/_2\,T = 3^h\ 16^m$, so geht er nach Sternzeit um $\alpha - {}^1/_2\,T = 13^h\ 6^m$ auf, um $\alpha + {}^1/_2\,T = 19^h\ 38^m$ unter.

Die diagonalen Trajektorien in II und II^a, wie A und U, geben Reihen von Sternen an, die in der betreffenden Breite zu gleicher Zeit den Ost- oder Westhorizont passieren.

Da am 21. März auch die Sonne auf dem Hauptzeiger der um das Ende der Weltachse sich drehenden Stern-Kalotte steht, so wird an diesem Tage die Sternuhr auch Sonnenzeit angeben. Am nächsten Tage mittags hat aber die Sonne einen weiter links gelegenen Platz in den Fischen inne und kulminiert 4^{min} später. (Zu vergleichen ein Karoussel, vielleicht mit schiefer Achse, oder ein Ausstellungsrad, an welchem jemand während der Fahrt von seinem Platz zu dem seines ihm folgenden Nachbars und dann weiter übersteigt.) Eine zweite Uhr, die Sonnenzeit angeben soll, mufs daher etwas langsamer gehen, für sie ist mafsgebend ein vom Polarstern nach der Sonne und über



sie hinweg geführter Zeiger, der an der Fixstern-Kalotte sich langsam verschiebt. Am 23. April ist z. B. die *AR* der Sonne $\alpha = 2^h 5^m$, die Sonne kulminiert um $2^h 5^m$ Sternzeit. An diesem Tage geht also die 2. Pendeluhr, welche Sonnenzeit giebt, gegen die erste um $2^h 5^m$ nach. Den oben erwähnten Aufgang des Antares müfste man daher um $\alpha = 2^h 5^m$ vermindern, um ihn in Sonnenzeit zu erhalten. Man findet $11^h 1^m$ *w. S. Z.*

Die Zeitgleichung ist in I durch eine Kurve dargestellt, deren Ordinaten so viel mm enthalten, als sie Minuten anzeigen sollen. Durch Addition dieser Zeitgröfsen verwandelt man die wahre in mittlere Sonnenzeit, von der man dann noch zur *MEZ* übergehen mufs.

Da in den früheren Jahrgängen vielfach diese Rechnungen an Beispielen erläutert sind, so beschränken wir uns hier auf den Abdruck der folgenden Tabellen, welche erst die in der Tafel gebotene Genauigkeit völlig auszunutzen gestatten. Aus denselben ist zu dem halben Tagesbogen ($^1/_2\,T$) eines Gestirnes für die Polhöhe von Berlin und die von Wien zu entnehmen: die Deklination $= \delta$, die Morgen- oder Abendweite $= w$ (nördlich +, südlich —), die Verfrühung des Aufganges oder Verspätung des Unterganges durch die Refraktion $= \varrho$, endlich $\Delta(^1/_2\,T)$ und Δw, d. h. die Änderungen, die $^1/_2\,T$ und w für einen bestimmten Stern erleiden, wenn die geographische Breite φ des Beobachtungsortes um 1° wächst. Wo + und — zur Wahl steht, bezieht sich das obere Zeichen auf die obere Reihe der Werte von $^1/_2\,T$.

Berlin $^1/_2\,T$	$6^h 0^m$	$6^h 30^m$ / $5^h 30^m$	$7^h 0^m$ / $5^h 0^m$	$7^h 30^m$ / $4^h 30^m$	$8^h 0^m$ / $4^h 0^m$	$8^h 30^m$ / $3^h 30^m$	$9^h 0^m$ / $3^h 0^m$	$9^h 30^m$ / $2^h 30^m$
δ ±	0°	6°	11°	16°	21°	25°	28°	31°
w ±	0°	9°	19°	28°	36°	44°	52°	59°
ϱ	4m	4m	4m	4m	5m	5m	6m	7m
$\Delta(^1/_2\,T)$ ±	0m	1m	2m	3m	5m	6m	8m	11m
Δw ±	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°	2°

Wien $^1/_2\,T$	$6^h 0^m$	$6^h 30^m$ / $5^h 30^m$	$7^h 0^m$ / $5^h 0^m$	$7^h 30^m$ / $4^h 30^m$	$8^h 0^m$ / $4^h 0^m$	$8^h 30^m$ / $3^h 30^m$	$9^h 0^m$ / $3^h 0^m$
δ ±	0°	7°	13°	19°	24°	29°	32°
w ±	0°	10°	20°	29°	38°	46°	53°
ϱ	4m	4m	4m	4m	4m	5m	5m
$\Delta(^1/_2\,T)$ ±	0m	1m	2m	3m	5m	6m	8m
Δw ±	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°

M. Koppe.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

S. Günther, Handbuch der Geophysik, 2. gänzlich umgearbeitete Auflage, Bd. II. Stuttgart, Ferd. Enke, 1899. M. 23. — **A. Wüllner,** Lehrbuch der Experimentalphysik, 5. Aufl., Bd. IV (Lehre von der Strahlung, 2. Halbbd.). Leipzig, B. G. Teubner 1899. — **G. W. A. Kahlbaum,** Monographieen aus der Geschichte der Chemie. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 3. Heft: Berzelius' Werden und Wachsen 1779—1821, von H. G. Söderbaum, M. 6. — 4. Heft: Christian Friedr. Schönbein, 1799—1868, von G. W. A. Kahlbaum und Ed. Schaer, M. 6. — 5. Heft: Justus v. Liebig und Chr. Friedr. Schönbein, Briefwechsel 1853—1868, von G. W. A. Kahlbaum und Ed. Thon, M. 6. — **Fr. Kretschmar,** Handbuch des preufsischen Schulrechts, Leipzig, C. E. M. Pfeffer, 1899. — **Aug. Haas,** Lehrbuch der Integralrechnung, System Kleyer, 2. Teil, mit Aufgaben aus der Mechanik und Technik, Stuttgart, Julius Mayer, 1900. M. 9.

Sonderabdrücke: F. Stähli, Über die in Crookesschen Röhren auftretende Strahlung und andere neu entdeckte Strahlenarten, 28 S. (Apoth.-Ztg. 1899). — J. G. Macgregor, On the utility of knowledge-making as a means of liberal training. (Inaug.-Addr., Halifax, 1899.)



Himmelserscheinungen im Februar und März 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Februar					März							
Monatstag	4	9	14	19	24	1	6	11	16	21	26	31	
Helio-centrische Längen.	302°	319	339	1	27	57	88	119	146	169	189	206	☿
	38	46	54	62	70	78	86	94	103	111	119	127	♀
	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	♁
	308	311	314	317	320	323	326	330	333	336	339	342	♂
	237	238	238	238	239	239	240	240	240	241	241	241	♃
	268	268	268	268	268	268	268	269	269	269	269	269	♄
Aufst. Knoten.	257	257	257	257	256	256	256	255	255	255	255	254	☾
Mittl. Länge.	11	77	143	209	275	341	46	112	178	244	310	16	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	14	83	145	200	267	340	51	119	175	235	305	16	☾
	314	323	332	340	349	356	3	6	7	5	1	358	☿
	350	356	1	7	12	18	23	28	34	39	45	51	♀
	318	323	328	332	337	342	347	351	356	0	5	9	☉
	313	317	321	325	329	333	337	340	344	348	351	355	♂
	245	246	247	247	248	248	249	249	249	249	249	249	♃
	272	272	273	273	273	274	274	274	275	275	275	275	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+11	+23	+9	−13	−23	−3	+21	+17	−3	−21	−16	+11	☾
	−19	−17	−13	−10	−6	−1	+3	+6	+7	+6	+4	+1	☿
	−5	−3	−0	+2	+5	+8	+10	+12	+15	+17	+19	+21	♀
	−16	−15	−13	−11	−10	−8	−6	−4	−2	+0	+2	+4	☉
	−19	−17	−16	−15	−14	−12	−11	−9	−8	−6	−5	−3	♂
	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	−21	♃
	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	−22	♄
Aufgang.	19h38m	19.29	19.19	19.9	18.59	18.48	18.36	18.25	18.13	18.1	17.49	17.38	☉
	21h24m	0.3	5.31	11.8	16.16	18.39	21.0	1.8	6.42	12.19	15.52	17.52	☾
Untergang.	4h49m	4.58	5.8	5.18	5.27	5.36	5.46	5.55	6.4	6.12	6.21	6.30	☉
	11h31m	16.57	19.3	20.32	24.25	6.9	13.1	16.31	18.0	20.16	0.43	7.55	☾
Zeitglchg.	+14m7s	+14.26	+14.24	+14.3	+13.27	+12.35	+11.31	+10.16	+8.52	+7.23	+5.52	+4.21	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Februar 6	5h	23m	Erstes Viertel		März 1	0h	25m	Neumond
14	2	50	Vollmond		1	1		Mond in Erdnähe
15	14		Mond in Erdferne		7	18	34	Erstes Viertel
22	5	44	Letztes Viertel		14	14		Mond in Erdferne
					15	21	12	Vollmond
					23	18	36	Letztes Viertel
					29	12		Mond in Erdnähe

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Febr. 14	19h 40m	20.27	19.15	14.46	16.41
	März 16	18. 15	19.17	18.1	13.0	14.50
Untergang der Planeten.	Febr. 14	5. 22	8.31	4.25	22.55	0.29
	März 16	7. 33	10.5	4.43	21.5	22.39

Constellationen. Februar 2 3h ♀ ☌ ☾; 3 3h ☿ ☌ ♂; 9 10h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 22 17h ♃ ☌ ☾; 24 11h ♄ ☌ ☾; 28 7h ♃ □ ☉; 28 12h ♂ ☌ ☾. — März 2 7h ☿ ☌ ☾; 3 21h ♀ ☌ ☾; 4 0h ☿ im Perihel. 8 0h ☿ in gröfster östlicher Elongation von 18°; 18 8h ♂ im Perihel; 20 15h ☉ im Widderzeichen, Frühlingsnachtgleiche; 22 2h ♃ ☌ ☾; 23 21h ♄ ☌ ☾; 24 16h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 25 9h ♄ □ ☉; 27 12h ♃ stationär; 29 11h ♂ ☌ ☾; 29 20h ☿ ☌ ☾.

Jupitermonde. Februar 13 17h 27m I E; 16 15h 35m II A; 23 15h 49m II E, 18h 8m II A; 27 16h 37m III E, 18h 10m III A. — März 8 17h 36m I E; 17 13h 58m I E; 24 15h 51m I E; 27 15h 18m II E.

Veränderliche Sterne. Von den früher genannten Sternen gehen *Mira* sowie die im Orion gelegenen durch den kosmischen Untergang im März verloren. — *Algols Minima* treten ein: Febr. 16. 9h, 19. 6h; März 8. 11h, 11. 8h.

Das Zodiakallicht ist im Februar abends im Westen zu beobachten, soweit der Mond nicht hindert. Im März, wo es sich mit der Milchstrafse zu vermengen beginnt und auch weit ungünstiger steht, gelingt die Auffindung nur dem Geübteren.

J. Plafsmann, Münster.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



I. Tierkreis

Örter der S

(Intervall

Zeitglei

Sterngrö

1 2 3

Fuhrmann Andromeda Perseus Triangel Zwillinge Widder Fische Stier Kl. Hund Walfisch Orion Aequator Eridanus

VII Juni VI Mai V April IV März III

I ☉

II. Halbe Ta

für

Polhöhe v

1/2

Culmination

II 1/2 T. α

IIa Halbe Ta

für d

Polhöhe vo

1/2 T

Culmination

IIa 1/2 T. α

III. Me

(Interva

III ☿

IV. V

(Inter

IV ♀

V. Mars ♂

Jupiter ♃

V ♂ ♃

VI. Satu

(32 T

Uranus ⛢

VI ♄ ⛢ ♆

VII. M

(Interv

(Mond

VII ☽ ☽'

VIII. Relative

des Merk

Venus un

(Intervall

Doppelter

Größter Glanz 11. August

VIII ☿ ☉ ♀ ☉

Geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

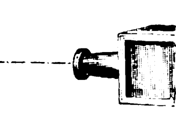
XIII. Jahrgang. **Zweites Heft.** März 1900.

Zur Behandlung der Sinusschwingungen und Pendelbewegungen im Unterricht.

Von
Prof. Dr. **Alois Höfler** in Wien.

Dafs die Lehre von den Schwingungen am besten an die von den Kreisungen (wie wir statt „gleichförmig kreisförmige Bewegungen" vereinfachend sagen wollen) anknüpft, nämlich die Sinusschwingung als Projektion der Kreisung aufgefafst wird, ist eine gegenwärtig schon fast allgemein gewordene Lehrpraxis.

Wenn an einer blofsen Zeichnung der kreisende Punkt auf eine in seiner Ebene liegende Gerade projiziert wird, so ist dies schon eine geometrisch anschauliche Behandlung. Den Zwecken des eigentlich physikalischen Unterrichts näher steht aber die phoronomisch anschauliche Vorführung dieser Bewegungen selbst an einem Modell, wie das sehr instruktive von Bergmann, das diese Zeitschrift in ihrem allerersten Hefte (*I* 25) gebracht hat. Eigentlich physikalisch anschaulich ist aber sogar ein solches *ad hoc* construiertes Modell noch nicht. Es lag nahe, die Sinusschwingungen wirklich durch Projektion einer solchen Kreisung zu gewinnen, die auch sonst den Schüler physikalisch unmittelbar angeht, nämlich des Kreiskegelpendels. Ich schildere zuerst die Versuche, und füge dann einige Andeutungen über den Lehrgang bei, in den sich diese Versuche (wie die übrigen, z. B. über die Beziehung von T und l, welche als ohnedies herkömmlich nicht besonders erwähnt werden) einzufügen haben.



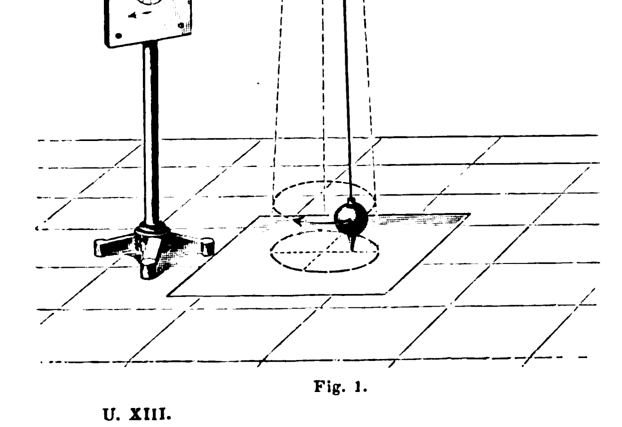


Fig. 1.

I. Versuche.

Versuch 1. Benutzt wird hierzu das Pendel mit möglichst grofser Pendellänge (Fig. 1), das zu dem Foucaultschen Versuche dient (in Ermanglung eines solchen thut es

aber auch ein Stein an einer an der Zimmerdecke befestigten Schnur). In Manneshöhe ist an dem Pendeldraht eine leichte Holzkugel angebracht. Ihr gegenüber, und zwar möglichst weit von ihr entfernt, befindet sich in gleicher Höhe die Projektionslampe. Diese entwirft von der Kugel auf einem Schirme, der von den Strahlen normal getroffen wird, einen Schatten. Wird der Pendelkörper mit der Hand in Kreisungen versetzt (wobei die Bahn auf einem Papierblatt oder auf dem Weinholdschen Teller vorgezeichnet sein kann), so bewegt sich auch die Holzkugel in etwas kleineren Kreisen von wagrechter Ebene, und der Schatten führt also auf dem Schirme Sinusschwingungen aus. Es sind auf dem Schirme zwei Gerade als Bahnen des Schattens vorgezeichnet, die eine als wagerechter Halbmesser eines Halbkreises von 30 cm, die andere entsprechend 15 cm Halbmesser. Der Bogen jedes Viertelkreises ist in drei gleiche Teile geteilt, von den Teilungspunkten sind Normalen gefällt und geben so auf dem Durchmesser Punkte an, die den Elongationen 0 $\frac{a}{2}$, $\frac{a}{2}\sqrt{3}$, a, sowie den gleichen entgegengesetzten, entsprechen. Sie sind mit 0, 1, 2, **3**, 4, 5, **6**, 7, 8, **9**, 10, 11 bezeichnet.

Infolge der grofsen Masse des Pendelkörpers ist es leicht, ihn in länger anhaltende Kreisungen vom gewünschten Halbmesser mit der diesem entsprechenden Geschwindigkeit zu versetzen. Denn hat man die Geschwindigkeit zu klein gewählt, so empfindet die den Körper im Kreise herumführende Hand deutlich die nach innen wirkende Componente der Schwerkraft; ist die Geschwindigkeit zu grofs, so empfindet man ebenso die nach auswärts ziehende Centrifugalkraft. Es ist schon für sich ein anziehendes Schauspiel, das Pendel, wenn es einmal in die richtige Bewegung versetzt ist, diese seine Kreisungen (Kreiskegelschwingungen) die ganze Schulstunde hindurch mit majestätischer Ruhe fortsetzen zu sehen. — Der Schatten der Holzkugel passiert dann die vorgezeichneten Punkte des Durchmessers so, dafs man in gleichmäfsigem Tempo (das sich durch das Metronom noch schärfer controllieren läfst) in entsprechender Betonung zu zählen hat **0**, 1, 2, **3**, 4, 5, **6**, 7, 8, **9**, 10, 11, **0**, 1, 2 etc.

Waren die Kreisungen bezw. Schwingungen zuerst mit der gröfseren Amplitude nachgezählt worden und wird nun der Pendelkörper von der Hand auf die Kreisungen von der halben Amplitude gebracht, so fällt es auf, dafs die Schwingungsdauer trotzdem nicht etwa merklich kleiner wird (in Wahrheit allerdings nach dem Verhältnis $1 : \sqrt{\cos\psi}$, was sich aber beim Versuche selbst erst durch Nachzählen sehr vieler Schwingungen verraten würde).

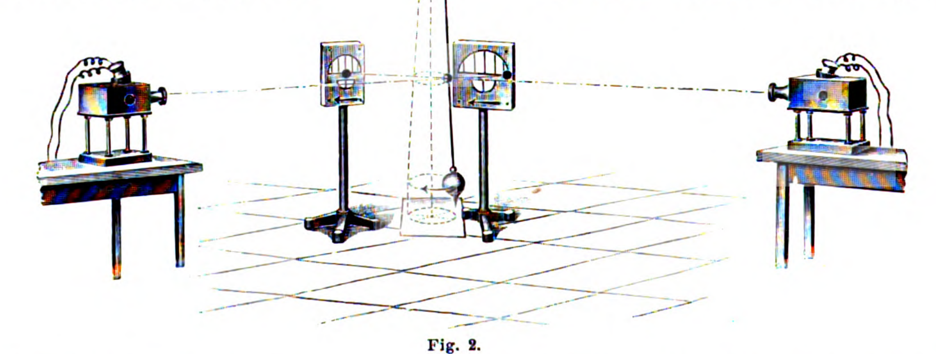


Fig. 2.

Versuch 2. Werden zwei Schirme und zwei Projektionsapparate (Fig. 2) so aufgestellt, dafs die Schirmebenen, bezw. Lichtstrahlen, zu einander normal sind, so

wird die Zerlegung einer Kreisung in zwei zu einander normale Sinusschwingungen von gleicher Amplitude und einer Phasendifferenz von $T/4$ veranschaulicht; und eben hiermit auch umgekehrt, dafs zwei solche Schwingungen zusammengesetzt wieder eine Kreisung geben. — Dem entspricht analytisch die Herleitung von $x^2 + y^2 = a^2$ aus $x = a \sin at$ und $y = a \cos at$.

Versuch 3. Wird während des vorigen Versuches von den zwei Schwingungen die eine so weit unterdrückt, dafs die Amplitude nicht mehr a, sondern $\frac{a}{2}$ (allgemein b) beträgt (wobei man am bequemsten die Strecken $2a$ und $2b$ beobachtet, die von den Schattenflecken auf den zwei Schirmen durchlaufen werden), so führt der Pendelkörper und ebenso die Holzkugel (annähernd) elliptische Schwingungen aus. — Analytisch: Aus $\frac{x}{a} = \sin at$ und $\frac{y}{b} = \cos at$ ergiebt sich $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. — Physikalisch merkwürdig ist auch hier, dafs sich diese Ellipse längere Zeit erhält, was wieder den sehr annähernden Isochronismus der Schwingungen von verschiedener Amplitude beweist. Dabei ist aber allerdings die Bahn des Schattens keine wagerechte Gerade mehr, sondern nach unten convex (und dem entsprechend auch die Bahn des Pendelkörpers und der Holzkugel nicht wirklich eine ebene Kurve, wie es die Ellipse wäre, sondern eine doppelt gekrümmte).

Wird die Amplitude b immer kleiner gewählt, so gehen die annähernd elliptischen Schwingungen über in die ebenen Schwingungen des gewöhnlichen Kreispendels. Der Schattenfleck beschreibt dann Kreisbögen, welche denen der Kugel congruent sind. Es hat sich so der Zusammenhang zwischen den in einem Kreisbogen erfolgenden Sinusschwingungen mit den für sie in erster Annäherung einsetzbaren genauen Sinusschwingungen längs der Sehne jenes Kreisbogens verfolgen lassen.

Nicht in unmittelbar experimentellem, wohl aber theoretischem Zusammenhang mit den bisherigen Versuchen steht der folgende

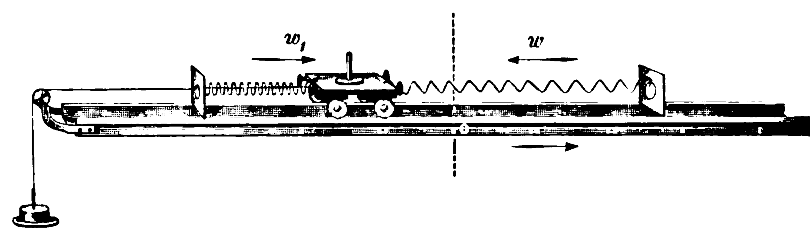


Fig. 3.

Versuch 4 mit dem „Schienenapparat“ (diese Zeitschr. *VII 278ff.*[1])). Das Wägelchen ist zwischen zwei Spiralfedern gespannt (Fig. 3), so dafs es in O im Gleichgewicht steht. Aus dieser Lage um eine Strecke a herausgezogen führt es Schwin-

[1]) Als Nachtrag zu der a. a. O. geschilderten mehrfachen Verwendung jenes Apparates teile ich bei dieser Gelegenheit mit, dafs sich auch das Gegenwirkungs-Prinzip hübsch demonstrieren läfst. Die zwei Wagen werden durch eine Feder verbunden (für Zugspannungen frei, für Druckspannungen in einer Kapsel); sie nehmen dann unter der Einwirkung der einen Kraft Beschleunigungen zu- oder auseinander an, die den Massen proportional sind. — Zu dieser Versuchsanordnung hat mich die Definition des Massenverhältnisses in Machs Lehrbuch (S. 28) veranlafst, wo als die eine „dynamische Einwirkung“ (wie Fleischl in „Substanz und Bewegung“ Maxwells „*stress*“ übersetzt) die Centrifugalspannung der Massen angenommen und demgemäfs das Massenverhältnis zweier Körper durch das Verhältnis $b : a$ der Radien beim Kreisen definiert wird. — Die Zug- und Druckspannungen der Feder dürften dem Schüler als Veranschaulichung der „einen“ Kraft näher liegen. — Über eine Veranschaulichung der Machschen Definition $m_a : m_b = b : a$ vergl. den in ds. Zeitschr. demnächst erscheinenden Aufsatz „Über die Nachahmung der Planetenbewegungen etc.“

gungen aus, von denen man, wenn die Schwingungsdauer grofs genug ist, leicht zeigen kann, dafs schon nach $1/3$ der zum Zurücklegen von a erforderlichen Zeit $\frac{a}{2}$ zurückgelegt ist; also wieder ein charakteristisches Merkmal der Sinusschwingungen.

II. Lehrgang.

Alle geschilderten Versuche sind als blofs phoronomische gedacht, d. h. sie können in einem Lehrgang der Mechanik vorgeführt werden, ehe noch die dynamischen Begriffe der Kraft und Masse eingeführt sind. Vielmehr bedürfen ja diese vielumstrittenen Begriffe eines festen Vorrates von Anschauungen zu den selbst wieder phoronomischen Begriffen von Beschleunigung (von gleichmäfsiger, wie sie am deutlichsten an der Fallrinne zu sehen ist, und von ungleichmäfsiger Beschleunigung, unter denen das für den Elementarunterricht wichtigste, fast allein wichtige Gesetz eben das der Sinusschwingungen ist).

Den Lehrgang nun, in welchen die oben geschilderten Versuche einzufügen wären, denke ich mir etwa so (indem mir als ein vor allem zu vermeidender Mifsgriff die einstmals sicher nicht immer vermiedene Manier vorschwebt, das „mathematische" Pendel als eine rein mathematische Aufgabe hinzustellen).

Ausgegangen kann auch hier ganz wohl von einigen historischen Mitteilungen werden. Von Galileis Leistungen seien etwa die Bewegungen im freien Fall, an der schiefen Ebene und beim Wurf durchgearbeitet. Es wird dann bei unseren siebzehnjährigen Septimanern (Sekundanern) auf Teilnahme stofsen, dafs Galilei als Siebzehnjähriger schon den Isochronismus der Pendelschwingungen beobachtet haben soll[2]). Auch dafs er schon eine Pendelformel $T = 8 \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ angab, giebt zu einer lehrreichen Vorbereitung auf die Tragweite des Pendelproblems Stoff; wenn es nämlich scheint, dafs sich statt des Faktors 8 der richtige 2π[3]) hätte aus experimentellen Vergleichungen von T, l und g ergeben müssen, so ist dagegen zu erklären, dafs eben g sich auch heute noch in hinreichender Exaktheit erst aus Pendelbeobachtungen von T und l auf Grund der theoretischen Formel finden läfst; womit schon ein Ziel der nun dem Schüler zu bietenden Theorie aufgezeigt ist. — Als derjenige, der diese Aufgabe löste, tritt dem Schüler zum erstenmale Huygens entgegen (ganz entsprechend derjenigen historischen Continuität, welche Lagrange dahin bezeichnet: „Huygens, der dazu bestimmt schien, den gröfsten Teil der Entdeckungen Galileis zu vervollkommnen und zu ergänzen, fügte zur Theorie der beschleunigten Bewegung schwerer Körper die der Pendelbewegungen und der Centrifugalkräfte hinzu und bahnte so den Weg zu der grofsen Entdeckung der allgemeinen Gravitation[4])").

Indem nun die Begriffe von Schwingungsdauer, Amplitude u. s. f. nicht nur an dem annähernd mathematischen, sondern an einem Pendel mit möglichst grofser

---

[2]) Allerdings sagt Wohlwill in seiner bekannten Monographie über „Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes" (S. 101 des S. A.): „Das älteste Zeugnis für Gs. Beschäftigung mit dem Isochronismus der Pendelschwingungen ist in dem Brief an den Marchese Guidubaldo dal Monte 29. Nov. 1602 enthalten (Opere VI, p. 20). Dafs es sich dabei nicht um eine kürzlich entdeckte Thatsache handelt, beweist die Äufserung, dafs ihm dieselbe „immer wunderbar erschienen sei". Vivanis bekannte Erzählung von der Beobachtung des 17jährigen Galilei im Dom zu Pisa wird darum nicht weniger als mythisch angesehen werden müssen".

[3]) Warburg (und mit Berufung auf ihn Dressel) empfehlen, als „Schwingungsdauer" auch beim Pendel die volle, d. i. die Zeit eines Hin- und Herganges, zu bezeichnen. Auch wir schliessen uns diesem in sich berechtigten und mehr und mehr durchdringenden Gebrauche an.

[4]) Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik. Leipzig, Pfeffer 1899, S. 93.



Pendelmasse und langem Pendeldraht vorgeführt werden, haben zunächst für den Schüler die ebenen Schwingungen keinen Vorrang vor den kreisenden. Erst nachdem er an dem wirklichen Anblick von beiderlei Bewegungen dasjenige an physikalisch anschaulichen Vorstellungen von Gleichförmigkeit des Kreisens, Ungleichförmigkeit der Bewegung im vertikalen Kreisbogen u. dergl. gewonnen hat, was überhaupt aus dem bloſsen Anblick, ohne Zugrundelegung von „Definitionen", zu gewinnen ist, werden die physikalischen Aufgaben zu mathematischen zugeschärft. Indem sich als das gesuchte „Weg-Zeit-Gesetz" (von dem die meistens allein beachtete Schwingungs**dauer** nur eine spezielle Eigenschaft ist) eines nach dem Gesetze des **Sinus**, wenn nicht aus dem direkten Anblick eines schwingenden Pendels, so doch aus der Überlegung, daſs hier in beliebig kleinen gleichen Zeiten nicht gleiche, sondern nahe den Grenzlagen kleinere Wege zurückgelegt werden u. s. f., einigermaſsen voraussehen läſst, wird es dem Schüler auch nicht mehr unmotiviert vorkommen, wenn **vor** der **Schwingung** von der **Kreisung** gesprochen wird, d. h. wenn die Begriffe Umlaufszeit, Bahngeschwindigkeit $c = 2\pi a/T$ cm/sec, Winkelgeschwindigkeit $\alpha = 2\pi/T$ eingeführt werden. In bekannter Weise ergiebt sich dann für die abstrakt mathematische Aufgabe: **Welches ist das Weg-Zeit-Gesetz für die Projektion des kreisenden Punktes?** — die aber jetzt eben nicht willkürlich, sondern im Hinblick auf den Versuch I diese Formulierung bekommen hat — die Gleichung $s = a \sin \alpha t = a \sin \frac{2\pi}{T} . t$.

Es folgt die rechnerische Ermittlung der Geschwindigkeit v und der Beschleunigung w zunächst für diese nunmehr rein mathematisch definierte Bewegung. Dabei wird man natürlich nicht darauf verzichten, das Cosinus-Gesetz für v unmittelbar anschaulich gewinnen zu lassen aus der an sich constant bleibenden, aber immer steiler gegen den Schirm gerichteten Bahngeschwindigkeit. Desgleichen empfiehlt sich für w die bekannte Beziehung[5]) zwischen der Beschleunigung in der Grenzlage bei der Sinusschwingung und der centripetalen Beschleunigung bei der Kreisung.

Unbeschadet des didaktischen Wertes dieser beiden Ableitungen, die untereinander zunächst nicht zusammenhängen, möchte ich aber empfehlen, auch auf die folgende Ableitung aus den Definitionsgleichungen

mittlere Geschw. $v_m = \frac{s'-s}{t'-t}$; augenblickliche Geschw. $v = \frac{s'-s}{t'-t}$ für $t' = t$ und

mittlere Beschl. $w_m = \frac{v'-v}{t'-t}$; augenblickliche Beschl. $w = \frac{v'-v}{t'-t}$ für $t' = t$

nicht zu verzichten; denn es sind ja, wie gesagt, die einzigen Beispiele, welche der Schüler von ungleichmäſsigen Beschleunigungen, bezw. von der Handhabung der Ausdrücke $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ und $\lim \frac{\Delta v}{\Delta t}$ zu sehen bekommt. Die Rechnung lautet dann:

$$v_m = \frac{a \sin \alpha t' - a \sin \alpha t}{t'-t} = a \cdot \frac{2 \cos \frac{\alpha t' + \alpha t}{2} \cdot \sin \frac{\alpha t' - \alpha t}{2}}{t'-t} = \alpha \cdot a \cos \alpha \frac{t'+t}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \frac{t'-t}{2}}{\alpha \frac{t'-t}{2}};$$

[5]) Ist für die centripetale (oder besser: Normal-) Beschleunigung $b_\perp$ bei Kreisungen der Wert $b_\perp = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$ unabhängig von der Schwingungslehre abgeleitet worden, so kann sich diese auf jene berufen. Dann gilt zunächst für den Wert der Beschleunigung w in der Grenzlage der Sinusschwingung $w = b_\perp$, da hier die allgemeine Richtung MO der Normalbeschleunigung $b_\perp$ mit der Schwingungsrichtung AO zusammenfällt. Natürlich kann aber auch umgekehrt diese Gleichheit von $b_\perp$ und w auch dazu dienen, aus der Beschleunigung w bei Schwingungen die Normalbeschleunigung $b_\perp$ bei Kreisungen abzuleiten.



woraus für $t' = t$ folgt: $v = a . \alpha \cos \alpha t$. — Hieraus folgt weiter:

$$w_m = \frac{a\alpha \cos \alpha t' - a\alpha \cos \alpha t}{t' - t} = a\alpha \cdot \frac{-2 \sin \frac{\alpha t' + \alpha t}{2} \cdot \sin \frac{\alpha t' - \alpha t}{2}}{t' - t} = -\alpha^2 a \sin \alpha \frac{t' + t}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \frac{t' - t}{2}}{\alpha \frac{t' - t}{2}};$$

worauf für $t' = t$ folgt: $w = -\alpha^2 a \sin \alpha t$ oder $w = -\alpha^2 s$.

In dieser letzteren Gleichung, wonach die jeweilige Beschleunigung w der Elongation s direkt proportional, aber ihr entgegengesetzt gerichtet ist, liegt die phoronomische Grundeigenschaft der Sinusschwingungen, auf der zunächst ihre dynamische und weiterhin ihre gesamte, umfassende physikalische Wichtigkeit beruht. Denn durch Umkehrung des Schlusses, durch welchen sich dieser Wert von w aus dem Weg-Zeit-Gesetz ergab, folgt auch dieses aus jenem, sobald die Anfangspunkte der Zählung für Weg und Zeit so gewählt sind, wie es bei $s = a \sin \alpha t$ geschehen war. — Auch der Isochronismus[6]) findet nun darin seine Erklärung, dafs gröfseren Amplituden im selben Verhältnis gröfsere Wegstückchen σ, σ' u. s. f. entsprechen.

Wir brauchen also von einer Bewegung nichts anderes zu wissen, als dafs die Beschleunigung w der Elongation s direkt proportional und entgegengesetzt gerichtet sei, so ergiebt sich schon aus dem Werte von w_1, der zu $s = 1$ cm gehört, die Schwingungsdauer $T = 2\pi / \sqrt{w_1}$. (Es wird hier zweckmäfsig sein, als „charakteristische Beschleunigung" w_1 denjenigen Spezialwert der Beschleunigung w zu definieren, welcher dem schwingenden Punkte im Abstande $s = -1$ cm von der Mittellage zukommt; denn dann fällt das Negativzeichen aus und unter dem Wurzelzeichen steht die in sich positive Gröfse w_1.)

Sind die hier kurz skizzierten Beziehungen mit dem Schüler gründlich verarbeitet — wobei immerhin schon der Versuch 4 mit dem Wägelchen auf der Schienenbahn (oder der mit dem an Jollys Federwage schwingenden Schälchen) herangezogen werden mag, wiewohl dessen eigentliches Interesse nicht mehr im Phoronomischen, sondern im Dynamischen liegt —, so tritt nun an die Stelle des früher üblichen, gefürchteten „Pendelbeweises" die folgende kurze phoronomische Ableitung der Formel für die Schwingungsdauer des mathematischen Pendels:

Die Componente w der Schwerebeschleunigung g ist (Fig. 5)

$$w = -g \cdot \sin \psi = -g \cdot \frac{s}{l} = -\frac{g}{l} \cdot s.$$

Also ist hier α^2 vertreten durch $\frac{g}{l}$; daher $\alpha = \sqrt{\frac{g}{l}}$ und $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ . . (I)

Dem für das einfache Pendel charakteristischen Quotienten $\frac{g}{l}$ kommt also die Bedeutung der Beschleunigungscomponente w_1 für $s = -1$ cm zu. (Ähnlich dem $Md/\mathfrak{M}$ für das zusammengesetzte Pendel).

[6]) Ist die in vorstehender Anmerkung erwähnte Beziehung allseitig verarbeitet, so ergiebt sich aus ihr folgende sehr anschauliche Erklärung des Isochronismus: Es seien die beiden Kreise in Fig. 4 die Bahnen der Holzkugel bei grosser und kleiner Winkelöffnung der Kreiskegelschwingung, also die Amplituden $OA = R$ und $Oa = r$ gleich den beiden auf den Schirmen (Fig. 1) vorgezeichneten Kreishalbmessern. Da beiden Kreisungen dasselbe T entspricht, so sind die Normalbeschleunigungen

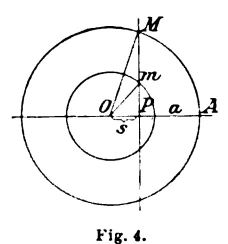


Fig. 4.

$$B_\perp = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \quad \text{und} \quad b_\perp = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r,$$

und deren Projektionen bei gleicher Elongation s trotz verschiedener Amplituden

$$W = B_\perp \cdot \cos MOP = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \cdot \frac{s}{R} \quad \text{und} \quad w = b_\perp \cos mOP = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \cdot \frac{s}{r},$$

also $W = w$.

Wie diese Ableitung überhaupt das Wesentliche der Beziehung zwischen Pendel und sonstigen Sinusschwingungen möglichst unverhüllt hervortreten läfst, so auch, inwiefern sie nur **angenähert** gilt: weil nämlich in der Figur 5 die Ableitung s

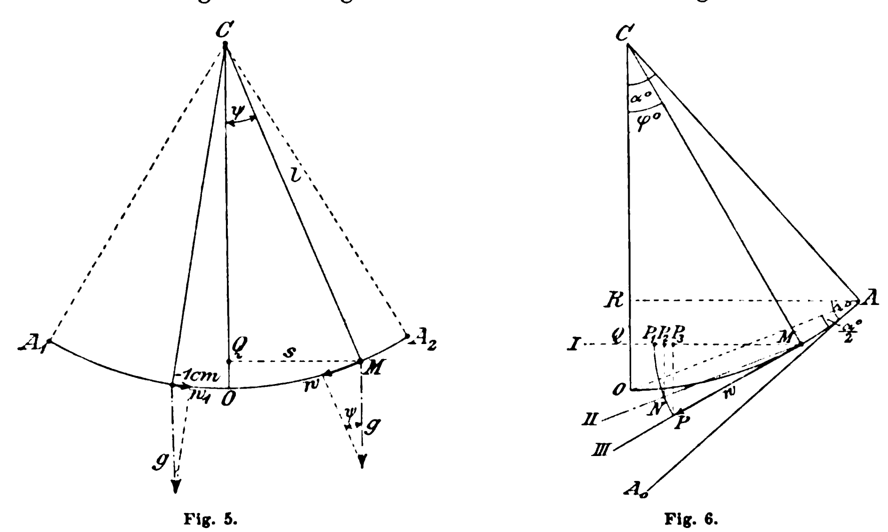


Fig. 5.   Fig. 6.

die **Halbsehne**, in $w = -a^2 s$ aber den „**Weg**" (die Elongation) bedeutet, welcher „Weg" vom Pendelpunkt ja nicht in der Sehne, sondern im Bogen durchlaufen wird[7]).

[7]) An die obige Ableitung anknüpfend giebt Ed. Maiss in der Zeitschr. f. d. Realschulwesen (1899) eine elementare Begründung des zweiten Gliedes der vollständigen Reihe für T, deren Grundgedanke folgender ist: Bei der Herleitung der Formel I wurde die Beschleunigung im Abstande $MQ = s$ cm (Fig. 6) mit ihrem richtigen Betrage $w = -\frac{g}{l} \cdot s$. cm/sec^{-2} in Rechnung gesetzt. Aber es wurde fingiert, dafs sie statt der wahren (tangentialen) Richtung $M\,III$ die Richtung $M\,I$ habe und also darzustellen sei durch MP_1. Auf diese Richtung entfiele jedoch nur eine Componente der Beschleunigung im Betrage von $w = -\frac{g}{l} s \cos \varphi$, dargestellt durch MP_3. Schwingt das Pendel mit der Amplitude α^0, so ist $\frac{\alpha^0}{2}$ der Mittelwert aller von α^0 bis 0^0 abnehmenden Winkel φ. Diese Richtung kommt der Sehne AO zu, welche die Symmetrale des Winkels A_0AR ist. Ziehen wir $M\,II$ parallel zu AO, drehen den Vektor der Beschleunigung w statt bis nach MP_1 nur bis MN und projizieren ihn von hier aus nach MP_2, so stellt MP_2 eine Beschleunigung im Betrage von $w = -\frac{g}{l} s \cos \frac{\alpha}{2}$ dar, welcher ein Mittelwerth aller durch $w = -\frac{g}{l} s \cos \varphi$ ausgedrückten Werte ist. (Beachte, wie sich die Lagen der Punkte P_1, P_2, P_3 verändern, wenn φ statt gröfser als $\frac{\alpha}{2}$ später gleich oder kleiner als $\frac{\alpha}{2}$ wird.)

Wir werden also statt der Gleichung I, welche aus dem Beschleunigungsgesetze $w = -\frac{g}{l} \cdot s$ hergeleitet wurde, eine **bessere** Annäherung bekommen, wenn wir $w = -\frac{g}{l} s \cos \frac{\alpha}{2}$ setzen, wo $w_1 = \frac{g}{l} \cos \frac{\alpha}{2}$ ist und daher

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \frac{\alpha}{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \left(1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right)^{-1/4} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right) \quad . \text{(II)}$$

Vergl. a. a. O. auch numerische Angaben über das Mafs der Annäherung der Formeln (I) und (II) an den genauen Wert. —

Vermieden werden sollte jedenfalls der in den Lehrbüchern keineswegs immer vermiedene Schein, als sei die Formel (I) bis 5° „ganz genau" und werde erst von da ab plötzlich ungenau, was, wie ich mich aus meiner eigenen Schulzeit erinnere, auch den in den Continuitätsgedanken noch nicht eingelebten Anfänger stutzig machen mufs.

Diese Charakterisierung der gebrauchten Annäherung scheint mir noch durchsichtiger, als wenn nur gesagt wird, man habe „statt des Sinus den Winkel gesetzt“.

Vorausgesetzt ist in vorstehender Ableitung nur, dafs der Schüler schon gelegentlich der Versuche an Galileis Fallrinne und der daran geknüpften rein phoronomischen Ableitung des Gesetzes der constanten Beschleunigung aus dem Weg-Zeit-Gesetz $s = \frac{g}{2} . t^2$ mit der Beziehung $g_\varepsilon = g . \sin \varepsilon = g . h/l$ vertraut geworden sei. — Ich versuche nicht, an dieser Stelle neuerdings die Bedenken zu entkräften, welche gegen ein Vorwegnehmen dieser Beziehung blofs mittels des Bewegungsparallelogramms, nicht des Kräfteparallelogramms, von manchem Fachgenossen noch immer erhoben werden. Es genügt auch hier der historische Hinweis, dafs ja auch Galilei sich ohne Kräfteparallelogramm, das erst Varignon und Newton handhaben lehrten, hat behelfen müssen. Worauf es mir aber didaktisch ankommt, ist, dafs der Schüler mit allen diesen phoronomischen Beziehungen sozusagen gesättigt sei, ehe er ins Dynamische eingeführt wird.

Ist dann später die Grundgleichung der Dynamik $f = mw$ gewonnen und durch Hinzunehmen des Unabhängigkeitsprinzips zum Bewegungsparallelogramm das Kräfteparallelogramm abgeleitet, so wird nun dessen eindringlichste Anwendung gerade die Kräftegleichung für die schiefe Ebene $P = Q . \sin \varepsilon$; und durch ihre Übertragung von der Ebene auf die krumme Bahn erhalten wir folgende dynamische Ableitung der Pendelformel:

Die Kraftcomponente ist $f = mw = - mg \sin \psi$, daher wieder $w = - g \sin \psi$ u. s. f. — wie oben in der phoronomischen Ableitung. Sachlich liegt hier alles an der klaren dynamischen Deutung des Eintretens und dann wieder Ausfallens des Faktors m. Didaktisch dürfte die Wiederkehr nahezu derselben Ableitung einmal unter phoronomischen, das anderemal (nach einigen Wochen) unter dynamischen Gesichtspunkten eine willkommene „immanente Wiederholung“ bieten.

Wie endlich dort der Versuch mit dem auf der Schienenbahn zwischen Spiralfedern schwingenden Wägelchen dem Schüler ein Beispiel einer nicht auf einem Kreisbogen nur annähernd, sondern auf einer Geraden genau dem Sinusgesetz folgenden Bewegung darbieten sollte, so wird jetzt, nachdem die dynamische Ableitung der Pendelformel ein Beispiel dargeboten hatte, wo T nur von g (und l), nicht aber von m abhängig ist, jetzt dieser Elasticitätsversuch vielleicht am handgreiflichsten die allgemeine Beziehung $T = 2\pi . \sqrt{m/f_1}$ veranschaulichen. Die Kenntnis der beiden Elasticitätsgesetze (Kraft proportional der Deformation, Gegenkraft gleich der Kraft) soll dabei noch nicht vorausgesetzt sein, sondern gelegentlich dieses Versuchs zum erstenmale zur Sprache kommen, nämlich durch (allerdings noch nicht sehr genaue[8])) Versuche, ebenfalls am Schienenapparate selbst, *ad hoc* festgestellt werden. Wir lassen nämlich das zwischen die Federn gespannte Wägelchen mittels einer wagrechten über das auch sonst benutzte Röllchen (Fig. 3) gelegten Schnur durch Auflegen von Massen auf deren Träger zuerst um 1 dm, dann durch 2-, 3-fache Gewichte um 2, 3 dm verschoben werden; so schliefsen wir dann auch, dafs zur Verschiebung um $1, 2 \ldots s$ cm Kräfte von $f_1, 2f_1 \ldots f_1 s$ Dyn gehören. Halten wir mit der Hand das Wägelchen in je einer dieser Verschiebungen fest und beseitigen dann die verschiebenden Ge-

[8]) Die zusammenhängende Erörterung der Elasticität wie aller „Molekularkräfte“ denke ich mir hinter die Mechanik des Punktes, der „starren“ Systeme, der idealen Flüssigkeit und Gase gestellt, nicht, wie es leider noch immer vielfach üblich ist, vor die ganze Mechanik, ja vor die ganze Physik unter dem Vorwand „allgemeiner Eigenschaften“.



wichte, so empfindet die Hand die der Wirkung gleiche elastische Gegenwirkung. Diese ist es, unter deren Einflufs weiterhin der Wagen seine Schwingungen ausführt. Die Rechnung lautet: $f = mw = -f_1 s$, daher $w = -\frac{f_1}{m} \cdot s$, so dafs also jetzt

$$\alpha^2 = \frac{f_1}{m}, \quad \alpha = \sqrt{\frac{f_1}{m}} \quad \text{und} \quad T = 2\pi \cdot \frac{1}{\alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{f_1}}.$$

Von den beiden Abhängigkeiten läfst sich die zu m durch Vervierfachen der Wagenmasse bestätigen, indem sich dann T verdoppelt; die Abhängigkeit von f_1 wird versinnlicht durch das Einspannen zwischen je 1, bezw. je 4 gleicher Federn. — Überraschend ist es hier, dafs die Schwingungsdauer sich nicht verändert, wenn die Federn von Anfang stärker ausgezogen waren, der Wagen also gröfseren Zugspannungen ausgesetzt war. Die Thatsache erklärt sich aber aus dem Ansatz $f = f_1 \cdot (l + s) - f_1 (l - s) = 2 f_1 s$, wo l die Länge der gedehnten Federn, s die Verschiebung aus der Mittellage bedeutet; da l herausfällt, so wäre das jedem s entsprechende f auch dasselbe gewesen, wenn anfänglich statt l etwa L gegeben gewesen wäre.

Als weitere dynamische Beispiele werden dann vorzuführen sein das Schwingen des Gewichtchens an der Jollyschen Federwage, das aber insofern weniger einfach ist, wie das an der Schienenbahn, als hier auch die Schwerkraft beschleunigend mitwirkt und zwar teils in gleichem, teils in entgegengesetztem Sinne wie die elastische Kraft. — Ferner der Versuch mit der Kette unter den Trägern der Atwoodschen Fallmaschine (diese Zeitschr. *VII 235*); der Versuch mit der in Communikationsröhren schwingenden Flüssigkeitssäule; und später im Zusammenhang mit der Gravitationslehre die (von Galilei irrig beantwortete) Frage, wie sich ein in einem Schachte längs eines Erddurchmessers fallender Stein bewegen würde. (Antwort: Er macht Sinusschwingungen mit einer Schwingungsdauer gleich der eines mathematischen Pendels, dessen Länge der Erdradius ist; vergl. d. Zeitschr. *II 295.*)

Alle angedeuteten Lehren und Aufgaben gehören der Mechanik des **Punktes** an; die Drehschwingungen an starren Systemen, also namentlich das physische Pendel und die Torsionsschwingungen, über die dem Schüler einiges wegen der elektrischen und magnetischen Mefsapparate gesagt werden mufs, verlangen nur leichte Übertragungen (vorausgesetzt, dafs die Analogie der Begriffe „Masse des Punktes“ und „Trägheitsmoment“ [nach Analogie von „Kraftmoment“ vielleicht besser „Massenmoment“ — oben deshalb mit $\mathfrak{M}$ bezeichnet] des Punktsystemes verstanden worden ist[9])).

Die Ableitung der Formel für das Foucaultsche Pendel.

Von

Dr. **F. Körber** in Grofs-Lichterfelde bei Berlin.

Die Behandlung des Foucaultschen Pendelversuches gehört nicht als ein Anhang zur Lehre vom Pendel in das Pensum der Unterprima (Mechanik), sondern in das letzte Halbjahr unseres Physikunterrichts auf dem Gymnasium (mathematische Geographie). Dementsprechend ist dem betreffenden Paragraphen auch in den meisten und gebräuchlichsten Schulbüchern, wie z. B. im Jochmann-Hermes, sein Platz bei der Lehre von der Achsendrehung der Erde angewiesen worden. Die Art, wie die Formel für die Gröfse der Ablenkung in der geographischen Breite φ in der Regel abgeleitet wird, scheint mir jedoch

[9]) Einiges hierüber in meiner „Skizze eines Lehrgangs der Mechanik“, Vierteljahresberichte des Wiener Ver. z. Förd. des phys. Unterr. IV, I. Heft.

unnötig gekünstelt, auch pflegt den Schülern der Übergang auf den den Parallelkreis berührenden Kegelmantel Schwierigkeiten zu bereiten.

Ich halte es deshalb für weit anschaulicher, an die scheinbaren täglichen Bewegungen der Gestirne anzuknüpfen, und im unmittelbaren Anschlufs an deren Behandlung auf den wichtigsten Beweis für die Unrichtigkeit der durch den Augenschein uns aufgedrängten Vorstellung von der Drehung des Himmelsgewölbes überzugehen. Nachdem zunächst durch Erinnerung an die bekannten, bereits in der Mechanik behandelten Bewegungstäuschungen die Möglichkeit und alsdann die grofse Wahrscheinlichkeit der Erklärung der scheinbaren Himmelsdrehung durch die Drehung der Erdkugel erkannt worden ist, wird die Frage aufgeworfen, wodurch sich die Richtigkeit dieser Vermutung beweisen lassen müfste. Die Kenntnis des Beharrungsvermögens führt dann leicht auf die These, dafs, wenn die Sonne wirklich still stände, ein hinreichend lange schwingendes, freies Pendel dem scheinbaren Laufe der Sonne folgen müfste. Die wirkliche Ausführung des Versuches bestätigt nun zwar im allgemeinen diese Voraussage, aber eine längere Beobachtung läfst doch bald einen Unterschied erkennen, indem nämlich die Drehung der Schwingungsebene des Pendels mit constanter, aber so kleiner Geschwindigkeit erfolgt, dafs sie in einem Tage nicht vollendet werden könnte, während doch die Sonne nach 24 Stunden einen vollen Umlauf zurücklegt, dabei aber, wie die Schüler bereits (auf Grund der Besprechung von Gnomon und Sonnenuhr) wissen, eine variable Geschwindigkeit der Azimutänderung zeigt. Der vermutliche Grund für diese Disharmonie wird bald gefunden, wenn man darauf hinweist, dafs die Sonne schräg am Himmel emporsteigt, während doch das Pendel beim Passieren der Gleichgewichtslage stets horizontal schwingt, sich also nur nach einem im Horizonte befindlichen Stern, der eine feste Marke darstellen mag, richten kann. Der Schüler findet so mit geringer Nachhülfe selbst, dafs wir nur den Betrag der Azimutänderung der den Horizont passierenden Sterne zu untersuchen haben, um die Geschwindigkeit der Drehung der Schwingungsebene des Foucaultschen Pendels richtig zu ermitteln.

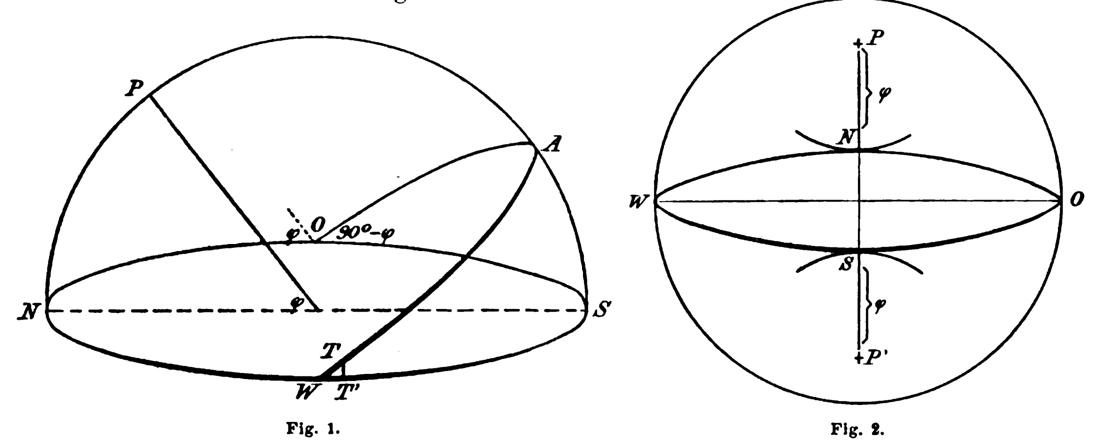


Fig. 1. Fig. 2.

Die Erkenntnis der Thatsache, dafs diese Azimutänderung am Horizont in allen Himmelsrichtungen dieselbe ist, kann nun zunächst durch Betrachtung der vier Kardinalpunkte vorbereitet werden. Im Osten gehen bekanntlich die Äquatorsterne auf, und da nun der Äquator auf der Weltachse senkrecht steht, schneidet er den Horizont unter dem Neigungswinkel $90^0 - \varphi$. Während also der Stern selbst in seiner geneigten Bahn in jeder Minute 15′ fortrückt, ist die Änderung seines Azimuts nur die Projektion dieser Strecke, also $15'.\cos(90^0 - \varphi) = 15' \sin \varphi$. Ebenso verhält es sich am Westpunkte, nur dafs hier die Äquatorsterne untergehen. Zeichnet man also eine Figur, wie etwa Fig. 1, an die Tafel, so wird kein Schüler hierbei eine Schwierigkeit finden. Etwas mühsamer gestaltet sich die Betrachtung der meridionalen Hauptpunkte. Hier berühren die von den Sternen mit der Poldistanz φ beschriebenen Parallelkreise den Horizont (Fig. 2). Da nun bekanntlich der Umfang des Parallels von der Deklination δ sich zum Umfang eines Grofskreises wie $\cos \delta$

zu 1 verhält, so gilt dies auch für beliebige Bruchteile beider Kreise. Eine Fortbewegung um 15′ auf dem den Horizont in N oder S berührenden Parallel entspricht also auf dem Horizont gemessen nur einem Wege von $15'.\cos\delta$. Da nun einer Poldistanz φ die Deklination $\delta = 90^\circ - \varphi$ entspricht, so erhalten wir für die in jeder Minute stattfindende Azimutänderung am Nord- oder Südpunkte des Horizonts wiederum $15' \sin\varphi$.

Will man nun schliefslich noch für einen beliebigen Punkt des Horizonts den Nachweis führen, dafs die Azimutänderung gleich der in Bogen verwandelten Zeit, multipliziert mit dem Sinus der Polhöhe ist, so ist dies mit Hilfe der Fig. 3, die Verf. in einer Vorlesung des Herrn Prof. Galle kennen gelernt hat, ebenfalls unschwer zu erreichen. Bezeichnet man die Deklination des an der Stelle H aufgehenden Sterns mit δ, den Winkel, den sein Deklinationskreis mit dem Horizont bildet, mit β, und den vom Parallel und Horizont eingeschlossenen Winkel mit α, so ist, wenn dt ein Zeitdifferential und dA die zugehörige Azimutänderung bedeuten:

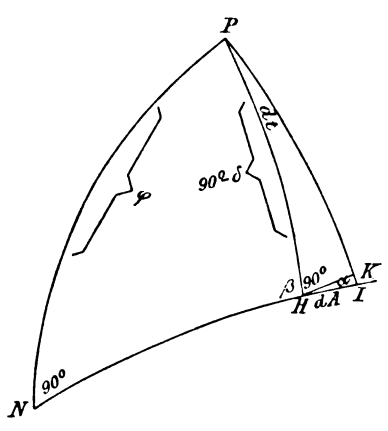


Fig. 3.

$$HK = dt.\cos\delta,$$
$$dA = HJ = HK.\cos\alpha = dt.\cos\delta.\cos\alpha.$$

Da nun $\beta + 90^\circ + \alpha = 180^\circ$, mithin $\alpha = 90^\circ - \beta$, so ergiebt sich jetzt unter Benutzung der einfachsten Formel vom rechtwinklig-sphärischen Dreieck:

$$dA = dt.\cos\delta.\sin\beta$$
$$= dt.\cos\delta.\frac{\sin PN}{\sin PH}$$
$$= dt.\cos\delta.\frac{\sin\varphi}{\cos\delta}, \text{ oder } dA = dt.\sin\varphi,$$

also wiederum die Foucaultsche Formel.

Die Lehre von der Ablenkung der Winde und was damit zusammenhängt wird ferner im Zusammenhang mit dem Obigen zu behandeln sein, während die Dovesche, leider noch in vielen Leitfäden der Physik anzutreffende Erklärung der Ablenkung der Passatwinde aus der Veränderung der geographischen Breite gänzlich in Fortfall zu kommen hat. Allerdings ist diese Erklärung in dem speziellen Falle meridionaler Luftströmungen dem Anfänger recht einleuchtend, dafür versagt sie aber gänzlich bei ostwestlichen Winden.

Nun besteht allerdings eine scheinbare Abweichung zwischen der aus unserer Figur für die Azimuthänderung eines im Horizont stehenden Sterns abgeleiteten Formel und dem Ergebnis der analytischen Mechanik, dafs ein auf horizontaler Ebene sich frei bewegender Körper eine Richtungsänderung vom doppelten Betrage erfährt[1]). Dieser Widerspruch ist folgendermafsen zu lösen.

Unter Benutzung der Coriolisschen Kraft wird in der analytischen Mechanik bewiesen, dafs ein auf der rotierenden Erde durch einen einmaligen Stofs sich fortbewegender Körper, sofern man von der Krümmung der Erdoberfläche absehen darf, einen Kreis beschreibt, in dem sich der Radius MA (Fig. 4) mit der Winkelgeschwindigkeit $30'.\sin\varphi$ pro Zeitminute dreht. Die neue Lage des Radius nach Ablauf einer Minute sei MC (der Winkel AMC ist der Deutlichkeit wegen in der Figur aufserordentlich vergröfsert). Alsdann ist natürlich $\measuredangle\, CBD = \measuredangle\, AMC$, d. h. die Richtung der Bewegung bildet nach Ablauf der Minute mit der anfänglichen Richtung den Winkel $30'.\sin\varphi$. Denke ich mir aber einen in A zurückgebliebenen Beobachter, so ist der Ort des gestofsenen Körpers nach einer

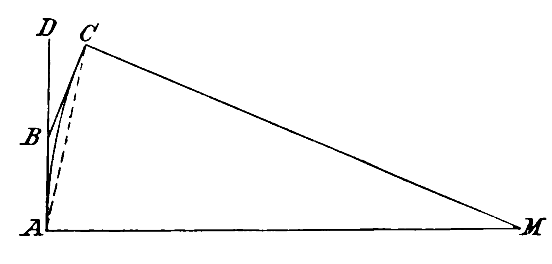


Fig. 4.

[1]) Vergl. M. Koppe, diese Zeitschr. *X, S. 24.*

Minute nicht mehr in der Richtung AD des Stofses, sondern in der Richtung AC zu suchen. Da nun $\measuredangle\ CAB = \frac{1}{2}\ CBD$, so scheint also der fortgestofsene Körper von A aus um $15' . \sin\varphi$ von seiner Anfangsrichtung abgelenkt, d. h. er scheint dem Stern gefolgt zu sein, der in der Richtung AD im Horizont stand, als der Stofs nach AD erfolgte. Freilich hat sich der Körper nicht längs der Sehne AC, sondern längs des Bogens AC bewegt, da er ja im Anfang den Weg AD einschlug und eine continuierliche Richtungsänderung erfuhr, aber für sehr kleine Zeitteilchen kann man Sehne und Bogen als zusammenfallend ansehen. Man kann daher in der Schule die Ablenkung der Winde dadurch erklären, dafs die in Bewegung begriffenen Luftmassen ein Richtungs-Beharrungsvermögen besitzen und darum dem scheinbaren Lauf der Sterne folgen. Es mag dann unter Benutzung der Fig. 4 noch darauf hingewiesen werden, dafs das Pendel zwar nach jeder halben Schwingung nach A zurückkehrt, also in jeder Minute von neuem um den Winkel $15' . \sin\varphi$ abgelenkt werden mufs, dafs aber bei einem fortschreitenden Körper der Winkel, den die wirkliche Bewegungsrichtung nach einer Minute mit der anfänglichen Richtung bildet, sich auf $30' . \sin\varphi$ beläuft. Denn da die Richtungsänderung in jedem Augenblick den gleichen Wert haben mufs, so kann der wirkliche Weg zwischen A und C nur ein Kreisbogen sein. Dieser Kreis ist durch Sehne und Tangente bestimmt und diejenige Tangente, welche in C den Kreis berührt und daher die Bewegungsrichtung am Ende der ersten Minute darstellt, bildet nach elementargeometrischen Sätzen mit AD einen Winkel $CBD = 2\ CAD = 30' . \sin\varphi$.

Robert Bunsen †.

Selten hat ein Forscherleben so reiche Früchte gezeitigt, noch seltener wohl hat die Arbeitskraft eines Einzelnen so weitgreifend auf die verschiedenartigsten Gebiete der Wissenschaft und auch der Technik eingewirkt, wie dies bei Bunsen der Fall ist. Das Vielseitige der Schaffensthätigkeit Bunsens mufs am meisten unsere Bewunderung erregen. Er hat nicht nur als genialer Chemiker seine Wissenschaft durch neue Methoden und bedeutsame Entdeckungen bereichert, sondern leistete ebenso Hervorragendes in der Physik und Geologie, in der metallurgischen Technik und in der spezielleren Laboratoriumspraxis. Fast ebenso hoch wie seine wissenschaftlichen Leistungen ist seine Thätigkeit als Lehrer anzuschlagen; er war Meister in der Mitteilung seines reichen Wissensschatzes, seiner umfassenden praktischen Erfahrungen.

Bunsen ist am 31. März 1811 zu Göttingen geboren, wo sein Vater Lehrer der neueren Sprachen und Bibliothekar an der Universität war. Mit 17 Jahren bezog er die Universität und studierte Chemie, Physik und Geologie in Göttingen, Paris, Berlin und Wien. 1831 promovierte er zu Göttingen mit einer Dissertation über Hygrometer, deren Thema er vorher als Preisarbeit behandelt hatte. Mit 22 Jahren habilitierte er sich in Göttingen. Im Herbst 1836 wurde er als Dozent an die Gewerbeschule in Cassel berufen, 1838 als Professor nach Marburg. 1851 ging er nach Breslau, wo er Kirchhoff kennen lernte, der dort als Privatdozent wirkte. 1852 wurde er als Gmelins Nachfolger nach Heidelberg berufen und schon 1854 vermochte er Kirchhoff als Nachfolger von Jolly dorthin zu ziehen. Trotz mehrfacher Rufe trennte er sich nicht mehr von Heidelberg. 1889 zog er sich in den Ruhestand zurück, am 16. August 1899 schied er aus dem Leben.

Als Momente, wodurch Bunsens Arbeiten für immer Muster echt wissenschaftlicher Behandlung bleiben, kennzeichnet H. Landolt das Ringen nach vollständig einwandsfreien Resultaten, und demgemäfs die umsichtigste Überlegung sowie musterhaft genaue Ausführung aller Versuche; hierzu kommt seine wunderbare Geschicklichkeit in der Überwindung experimenteller Hindernisse und die Gabe, neue Methoden und neue Apparate mit äufserst einfachen Mitteln zu construieren[1]). Von seiner Persönlicheit entwirft H. Jahn ein treffliches

[1]) Berichte d. d. chem. Ges. 1899 No. 114. S. 2539.



Bild[2]). Grundzüge von Bunsens Wesen waren grofse Einfachheit, Bescheidenheit und in der Form stets schonungsvolle, in der Sache unerbittliche Wahrhaftigkeit; dazu paarte sich eine wohlwollende Gutmütigkeit mit schalkhaftem Humor. Das Verhältnis der Schüler, mit denen er sich intensiver beschäftigte, war wie das von Söhnen zu einem väterlichen Freunde. Sein Benehmen war dem Höchsten wie dem Niedrigsten gegenüber stets das gleiche; er blieb auch als Excellenz der selbstlose, schlichte Gelehrte.

Eine ausreichende Würdigung seiner ganzen Thätigkeit verbietet der beschränkte Raum. Es soll nur versucht werden, einen Überblick über seine wichtigsten Arbeiten zu geben, wobei wir mehrfach einem ausführlichen Nachruf von Richard Meyer[3]) folgen, und zwar, so weit dies durchführbar ist, nach Disziplinen geordnet.

Seine chemischen Publikationen beginnen 1834 mit einer Schrift über das Eisenhydroxyd als Gegenmittel bei Vergiftungen mit arseniger Säure. Es folgen 1837 und 1838 Mitteilungen über Verbindungen der Ferrocyansalze mit Ammoniak, sowie — als Habilitationsschrift — über Doppelsalze des Ferrocyanammoniums mit Chlor- und Bromammonium. Gleichzeitig beginnen seine Untersuchungen über die Kakodylreihe, die zuerst Bunsens Ruf begründeten und einen Markstein in der Geschichte der organischen Chemie bilden. Bunsen isolierte — in der Absicht, gewisse, dem Stickstoff analoge organische Verbindungen des Arsens zu finden — aus einer von Cadet schon 1760 entdeckten Flüssigkeit, die durch Destillation essigsaurer Salze mit arseniger Säure entsteht und durch ekelerregenden Geruch und weitere gefährliche Eigenschaften gekennzeichnet war, eine Verbindung $C_4 H_{12} As_2 O$, zuerst Alkarsin, später Kakodyloxyd genannt, die der Ausgangspunkt einer ganzen Reihe organischer Arsenverbindungen wurde. Allen diesen ist die Atomgruppe $C_2 H_6 As$ gemeinsam, die als „organisches Radikal" den Namen Kakodyl $= Kd$ erhielt. Es gelang nicht nur die Darstellung des erwähnten Oxyds ($Kd_2 O$), der Kakodylsäure ($Kd O_2 H$), des Sulfids, Disulfids, Chlorids, Oxychlorids, Bromids, Jodids und Cyanids ($Kd Cy$), sondern vor allem die des freien Kakodyls $= (C_2 H_6 As)_2$. Sie wurde eine der Hauptstützen der damals lebhaft erörterten Radikaltheorie; von den zumeist rein hypothetisch angenommenen Radikalen waren damals nur zwei direkt nachgewiesen, von Gay-Lussac das freie Cyan $(CN)_2$, von Liebig und Wöhler die als Benzoyl bezeichnete Atomgruppe $C_7 H_5 O$. — 1848 erschien eine Arbeit über die quantitative Bestimmung des Harnstoffs, 1852 über den explosiven Jodstickstoff. Gleichzeitig teilte er die Methode der Darstellung von Mg durch Elektrolyse des geschmolzenen Chlorids mit, später die elektrolytische Gewinnung von Al, Cr, Mn, Ca, Sr, Ba und Li. Darauf folgte die Einführung der Jodometrie in die Mafsanalyse. Mehr historisches Interesse haben die umfangreichen Untersuchungen zur chemischen Theorie des Schiefspulvers. Es folgten Arbeiten über das Cer und über die Trennung von As und Sb. In einer Arbeit über „Lötrohrversuche" (1859), sowie einer späteren über „Flammenreaktionen" zeigte er, dafs viele Reaktionen, zu denen man sonst des Lötrohrs bedurfte, sich einfacher mit seinem Brenner hervorbringen liefsen. Später folgten noch Untersuchungen über das Yttrium und Erbium, sowie (1868) über die Platinmetalle, besonders das Rhodium. Auch an der Ausbildung der organischen Elementaranalyse hat Bunsen erfolgreich mitgewirkt.

Bedeutungsvoll für die Industrie wurden seine Arbeiten in der technischen Chemie. Hatte er sich doch ursprünglich als Privatdozent für technische Chemie habilitiert und als solcher von 1834—36 gewirkt. Im Auftrage der hessischen Oberbergdirektion stellte er 1839 Untersuchungen über die Hochofengase an, wobei er zeigte, wie letztere als Brennmaterial verwendet werden könnten, ebenso untersuchte er 1840 die Gichtgase an einem Mansfelder Kupferschieferofen. 1847 veröffentlichte er gemeinsam mit L. Playfair eine umfangreiche Arbeit über den Prozefs der englischen Roheisenbereitung. Diese zumeist in Pogg. Ann. veröffentlichten Arbeiten wurden der Ausgang zu seinen berühmten „Gasometrischen Methoden", die 1857 erschienen.

Für seine Leistungen in der Geologie legte eine Reise nach Island, woselbst er sich

[2]) Deutsche Revue v. R. Fleischer, Nov.-Heft 1899.

[3]) Naturwiss. Rundschau 1900 Heft 1—3.



mehrere Monate aufhielt, den Grund. Von den reichen wissenschaftlichen Ergebnissen dieser Reise ist am bekanntesten geworden seine Theorie des Geysirphänomens, die davon ausgeht, dafs unter dem Druck der Wassersäule im Geysirrohre die Siedetemperatur des Wassers bedeutend höher liegt als bei 100°. Bunsen hatte gemeinsam mit Descloiseaux thatsächlich in der Tiefe des Geysirrohres Temperaturen bis zu 127,5° gemessen. Ferner untersuchte er eingehend die vulkanischen Gesteine Islands und stellte darüber eine eigene Theorie auf. Im Anschlufs hieran bearbeitete er eine wichtige physikalische Frage: die Abhängigkeit der Erstarrungstemperatur einer Flüssigkeit vom Druck. Nachdem J. Thomson dieselbe aus der mechanischen Wärmetheorie gefolgert und W. Thomson sie für Wasser zwischen 0 und 16,8 Atm. Druck experimentell bewiesen hatte, bestätigte Bunsen dieses wichtige Naturgesetz durch Versuche mit Walrat und Paraffin bis zu einem Druck von 156 Atm. Seine Folgerungen hieraus für die eruptiven Gesteine, bei denen der Druck bis zu Tausenden von Atmosphären steigen kann, gehören heute zu den festen Grundlagen der Gesteinslehre. Später beschäftigten ihn noch andere geognostische Arbeiten, besonders sehr zahlreiche Mineralanalysen.

Von seinen Arbeiten über Physik und physikalische Chemie seien, abgesehen von seiner Dissertation, zuerst die gemeinsam mit Roscoe ausgeführten photochemischen Untersuchungen erwähnt, die Ostwald als „das klassische Vorbild für alle späteren Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie“ bezeichnet. Es werden darin die Gesetze für die chemisch wirksamen Strahlen, deren Reflexion, Absorption und „photochemische Extinktion“ näher ausgeführt. Als Versuchsobjekt diente hauptsächlich das Chlorknallgas. In diesen Abhandlungen sind zuerst zwei Apparate beschrieben, die Bunsens Namen besonders populär gemacht haben, der Bunsensche Gasbrenner und das Bunsensche Photometer. — Etwa 1840 veröffentlichte er die Construktion des nach ihm benannten constanten galvanischen Elementes. Seiner dadurch ermöglichten elektrochemischen Arbeiten ist schon oben gedacht worden. 1860 erfolgte nun die Entdeckung, die Bunsens Namen zusammen mit dem Kirchhoffs unsterblich gemacht hat, die Spektralanalyse; die erste Abhandlung trägt den Namen „Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen“. Was den Anteil Bunsens betrifft, so war er es, der sich bereits einige Zeit vorher mit der Verwendung der Flammenreaktionen verschiedener Salze zu analytischen Zwecken beschäftigt hatte und so den Anlafs zu der gemeinsamen Untersuchung gab. R. Meyer weist noch darauf hin, dafs Bunsen schon 1844 die Linienspektren des mittels seiner Batterie zwischen verschiedenen Metallspitzen erzeugten Lichtbogens beobachtete. Wie Kirchhoff, veranlafst durch die Untersuchung, sein berühmtes Absorptionsgesetz und die Erklärung der Fraunhoferschen Linien fand, ist hier nicht näher auszuführen. Bunsen fiel die weitere Bearbeitung der durch das neue Hilfsmittel erschlossenen chemischen Probleme zu; er entdeckte in der Mutterlauge des Dürkheimer Soolwassers das Caesium und in dem sächsischen Lepidolith das Rubidium. Das Atomgewicht und etliche Verbindungen dieser seltenen Elemente wurden unter grofsen Mühen und unter Bearbeitung enormer Mengen der genannten Rohstoffe ermittelt. Die spektralanalytische Untersuchung ergab ferner, dafs das für sehr selten gehaltene Lithium einen zwar geringfügigen, aber sehr häufig auftretenden Bestandteil vieler Mineralien bildete. Später wurde auch das Didym und Lanthan genauer untersucht, wie sich denn die spektroskopischen Arbeiten weit in die siebziger Jahre hineinziehen. — 1865 stellte er Untersuchungen über die Thermoelektrizität von Pyrolusit und Kupferkies an. 1868 construierte er die Wasserluftpumpe, die in etwas abgeänderter Form heut in keinem Laboratorium fehlt. 1870 erfolgte die Beschreibung seines Eiskalorimeters, das auf dem Prinzip beruht, „die Menge des durch Wärmezuführung geschmolzenen Eises an der Volumenverminderung zu messen, welche dieses Eis bei der Schmelzung erleidet“. Der Apparat wurde von ihm u. a. zur Bestimmung der spezifischen Wärme des nicht lange vorher spektroskopisch entdeckten Indiums verwendet. Zu Anfang der 80 er Jahre stellte er noch zeitraubende Versuche über die Adhäsion von Gasen an blanken Glasflächen an, und endlich im Jahre 1887 bringen die Ann. der Ph. u. Ch. die letzte Publikation des grofsen Forschers, die Abhandlung über das Dampfkalorimeter.



Da Bunsen leider nicht die Zeit gefunden hat, seine in verschiedenen Zeitschriften verstreuten Abhandlungen selbst zu sammeln, etwa wie Helmholtz und Kirchhoff dies thaten, so regt H. Jahn (a. a. O.) an, dafs eine Neuherausgabe seiner Werke seitens seiner Schüler in die Hand genommen werde — in ähnlicher Weise, wie Frankreich und Belgien durch die monumentale Ausgabe der Werke Lavoisiers und Stas' vorangegangen sind. „Der Sinnesart des nur der Wissenschaft lebenden Altmeisters wäre dieses Denkmal jedenfalls gemäfser, als irgend ein anderes es jemals sein könnte.“ Es ist im allgemeinen Interesse zu wünschen, dafs diese Idee Anklang und baldige Verwirklichung finden möge. *O. Ohmann.*

Über die elektrische Batterie.

Von

Konrad Dunker und **Alexander Behm** in Hadersleben.

Bei unsern gemeinsamen Versuchen (vergl. Schulprogramm des Königlichen Gymnasiums in Hadersleben, Ostern 1899 und diese Zeitschrift, *XII, 272; 1899*) kam Behm gelegentlich auf den Gedanken, eine Batterie elektrischer Flaschen aus grofsen Säureballons herzustellen, die sich wegen ihrer hohen Isolationsfähigkeit zu elektrischen Zwecken gut eignen. Wir verschafften uns zu dem mäfsigen Preise von 50—60 Pfg. das Stück elf solcher Ballons, sprengten etwa auf halber Höhe in jeden ein Loch, so dafs wir mit dem Arm ins Innere gelangen konnten, belegten sie innen und aussen mit Stanniol und stellten uns so eine Batterie Leydener Flaschen her, deren jede etwa 5000 qcm einseitiger Belegung besafs; wir hatten also im ganzen eine belegte Fläche von etwa 110000 qcm zur Verfügung.

Jede Flasche kam uns auf kaum eine Mark zu stehen. Das Einsprengen der Öffnung geschah am günstigsten, indem längs eines in sich zurücklaufenden Kreidestriches das Glas der Flasche mit der Stichflamme eines Lötrohres stark erhitzt und über die erhitzten Stellen dann plötzlich mit einem nassen Tuche gefahren wurde. Meist sprang das bezeichnete Glasstück dann ziemlich regelmäfsig aus. Risse aufserhalb der Linie wurden mit Siegellack verkittet. Solche Risse entstanden gelegentlich beim Sprengen, aber auch später infolge durchschlagender Funken.

Zwei solcher Flaschen benutzten wir bereits bei den in dieser Zeitschrift a. a. O. beschriebenen Versuchen mit der Influenzmaschine. Die vorliegende Arbeit soll nun die weiteren Versuche wiedergeben, die wir mit der Batterie anstellten, indem wir sie unter Anwendung eines Induktors constant luden (vergl. *Müller-Pouillet, 1881 III_2 S. 654 Fig. 588*). Bevor zur Beschreibung der Versuche selbst übergegangen wird, halten wir es für angebracht, die Vorgänge beim Laden einer Batterie unter verschiedenen Umständen ins Auge zu fassen.

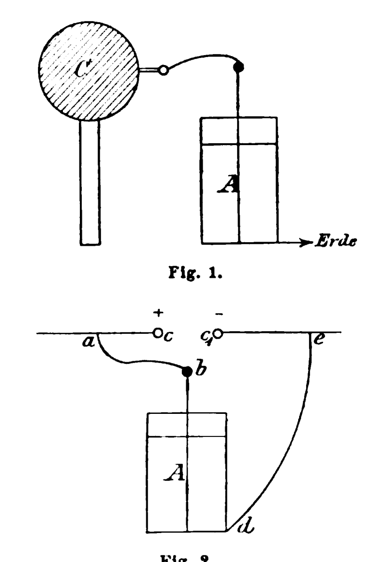


Fig. 1.

Fig. 2.

In Fig. 1 ist C der Konduktor der Reibungs-Elektrisiermaschine. Das Reibzeug und die äufsere Belegung sind zur Erde abgeleitet. Dies ist die einfachste Art eine Flasche zu laden. Der Entladungsfunke ist hellglänzend, weil bei nicht grofser Schlagweite die Menge der übergehenden Elektrizität eine sehr bedeutende ist; die Bahn dieses intensiv weifsen Funkens ist geradlinig.

In Fig. 2 (und im Folgenden) sind c und c_1 die Conduktoren einer Influenzmaschine. Anstatt wie auch in Fig. 1 die geladene Flasche durch den Auslader mit der Hand zu entladen, kann man in Fig. 2 die Conduktoren auf Schlagweite einstellen. Dann erfolgen in bestimmten Zwischenräumen Selbstentladungen mit den bei Fig. 1 charakterisierten Funken zwischen c und c_1

die Stromrichtung ist auf den Strecken *ab* und *de* bei der Entladung derjenigen bei der Ladung der Flasche entgegengesetzt.

Bei der Anordnung in Fig. 3 wird die Flasche *A* innen positiv, *B* negativ geladen, durch Influenz wird dann die äufsere Belegung von *A* negativ, von *B* positiv; ein Ausgleich der abgestofsenen Elektrizitäten der äufseren Belegung findet im Verbindungsdraht *d* statt, wobei die Elektrizität von *A* nach *B* strömt. Bei den Selbstentladungen zwischen *c* und c_1 sind im Verbindungsdraht *d* elektrische Bewegungen in der Richtung von *B* nach *A* vorhanden.

Bei gleicher Schlagweite in den Fig. 2 und 3 springen in letzterer die Funken wegen der doppelten Spannung doppelt so schnell, aber mit halber Stromstärke über als in Fig. 2, weil die Maschine in gleicher Zeit in beiden Fällen dieselbe Elektrizitätsmenge liefert. Fehlt in Fig. 3 der Verbindungsdraht *d*, so sind die Funken zwischen *c* und c_1 nicht von der bei Fig. 1 beschriebenen Art, sondern violett und büschelförmig, weil die Entladung dann bedeutend verlangsamt ist.

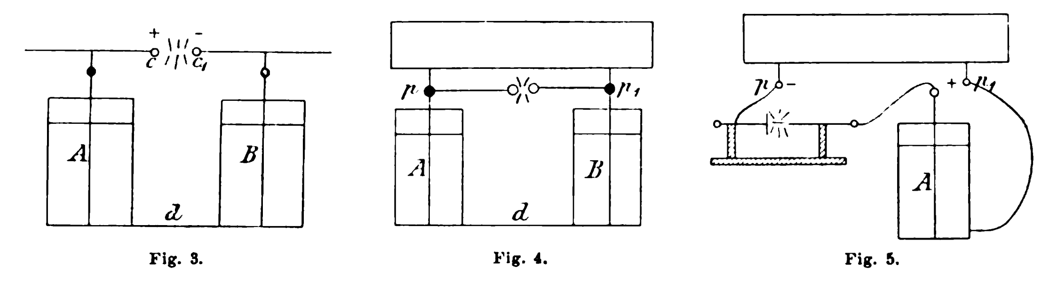


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

In Fig. 4 und im Folgenden sind *p* und *p'* die Pole der Sekundärspule eines Induktors. Die Schliefsungs- und Öffnungsfunken treten kurz, blendendweifs und knallend in der bei Fig. 1 angegebenen Art regelmäfsig auf. Läfst man bei dieser Anordnung die Funkenstrecke fort, so findet nicht, wie bei Fig. 2, ein constantes Laden der Flaschen statt, weil sich sowohl die vom Öffnungs- als auch vom Schliefsungsstrom in die Flaschen geschafften Elektrizitäten nach der Öffnung und auch nach der Schiefsung sofort in der Sekundärspule wieder ausgleichen, während die Influenzmaschine bei ihrer ununterbrochenen Wirkungsweise in Fig. 2 constant ladet.

Fehlt in Fig. 4 die Flasche *B* und wird die äufsere Belegung von *A* mit dem Pole p_1 verbunden (vergl. Fig. 2), so gilt das Gesagte auch hier; wir haben dann aber auch nur die halbe Spannung, wie es bei Fig. 3 ausgeführt ist.

In Fig. 5 ist die Funkenstrecke so weit gestellt, dafs der Öffnungs-, nicht aber der Schliefsungsfunke überspringen kann. Der Öffnungsstrom ladet in diesem Falle die innere Belegung negativ. Die auf der äufseren Belegung durch Influenz frei werdende negative Elektrizität wird von der aus dem Pole p_1 strömenden positiven neutralisiert; die äufsere Belegung ist also gleichzeitig positiv elektrisch geworden. Der Schliefsungsstrom wirkt dem Öffnungsstrome entgegen und schwächt daher die Ladung der Flasche. Der als Ladung verbleibende Rest ist aber gröfser als die Differenz des Öffnungs- und Schliefsungsstromes, weil für letzteren der Widerstand im Auslader so grofs gewählt ist, dafs er nicht überspringen kann. Nach mehreren Unterbrechungen ist die Flasche constant geladen. Durch die Anwendung der Scheibe und Spitze wird der Widerstand der Funkenstrecke für den Öffnungsstrom verringert, für den Schliefsungsstrom noch mehr erhöht.

Befindet sich der Auslader nicht in der Leitung zur inneren, sondern in der zur äufseren Belegung, so geht jetzt die negative Elektrizität ohne Funkenstrecke in die innere Belegung der Flasche, der Ausgleich findet durch die Funkenstrecke statt. Wäre die äufsere Belegung und der Auslader sorgfältig isoliert und ein Verlust durch Strahlung nicht vorhanden, so wäre es einerlei, ob der Auslader in der einen oder der andern Zuleitung sich befindet. Weil aber die äufsere Belegung abgeleitet ist, so ist der Verlust, welcher durch Strahlung, schlechte Isolation und den Widerstand der Funkenstrecke selbst entsteht, nicht von Nach-



teil: die dann von *p* zugeführte Elektrizität wird die abgestofsene der äufseren Belegung nicht vollständig neutralisieren, sondern es wird ein Teil derselben zur Erde abfliefsen. Hat der Auslader dagegen die Stellung der Fig. 5, so geht ein Teil der vom Induktor in die innere Belegung gesandten Elektrizität im Auslader thatsächlich verloren. Es liefse sich gegen die Stellung des Ausladers in der Leitung zur äufseren Belegung anführen, dafs bei derselben auch der Schliefsungsstrom in die Flasche gelangt und so mehr schadet als in der Anordnung der Fig. 5. Und doch ist es zweckmäfsiger, die Funkenstrecke in der Leitung nach der äufsern Belegung zu haben, weil der Öffnungsstrom an sich weit kräftiger ist als der Schliefsungsstrom; werden beide in demselben Verhältnis in ihrer Wirkung verstärkt, so ist dabei der Zuwachs des ersteren bedeutender als der des letzteren, also überwiegt, wenn die Funkenstrecke in der Leitung zur äufseren Belegung sich befindet, der Nutzen des in die innere Belegung fliefsenden verstärkten Öffnungsstroms den Schaden des in diese gelangenden verstärkten Schliefsungsstroms.

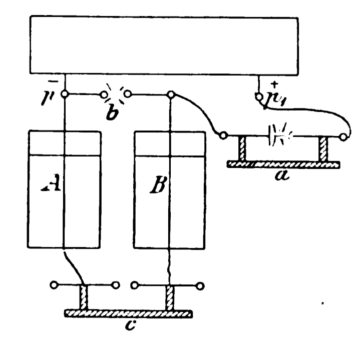


Fig. 6.

Die Fig. 6 entspricht der Fig. 3, wenn die Ladung nicht durch die Influenzmaschine, sondern durch ein Induktorium mit Funkenstrecke *a* in der einen Zuleitung geschieht. Mit den Ladungsfunken bei *a* haben wir gleichzeitig Funken bei *c*, und zwar ist die Richtung dieser elektrischen Bewegung dieselbe wie bei *a*. Tritt dann bei *b* der Entladungsfunke auf, so ist ebenfalls gleichzeitig bei *c* einFunke, und zwar ist die Richtung dieser Bewegung dieselbe wie bei *b*, also entgegengesetzt wie vorher und wie die bei *a*.

Versuche mit der Batterie von 110 000 qcm Belegung.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Arten, eine Flasche zu laden, dargestellt haben, können wir jetzt ohne weiteres die Beschreibung der Versuche vornehmen.

In Fig. 7 sind 3 Säureballons parallel geschaltet; sie wirken also wie eine einzige Flasche von 15 000 qcm einseitiger Belegung. *s* sind mit Stanniol beklebte Pappstücke.

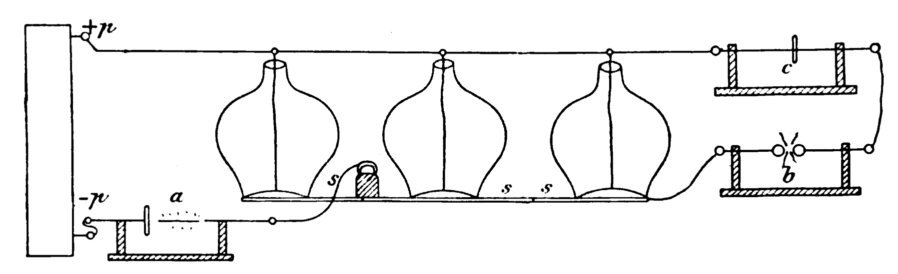


Fig. 7.

Während in Fig. 5 die Entladung mit einem Handauslader vorgenommen werden mufs, erfolgt sie in Fig. 7 selbständig im Auslader *b* (die Spitzen des Ausladers *c* sind vorläufig zusammengestellt). Diese Anordnung empfiehlt sich auch noch aus folgenden Gründen: Die Flaschen sind mehr gegen das Durchschlagen geschützt. Man kann die Gröfse der Entladungsfunken nach Belieben regulieren und verschiedene von genau gleicher Gröfse hintereinander verwenden. Je nach der Länge erfolgen die Funken in gröfseren oder geringeren Zwischenräumen, wobei die Stärke der Entladungen bei gleicher Funkenstrecke in demselben Auslader stets gleich ist, daher dient die Anordnung auch als Ersatz für die Mefsflasche. Man braucht nicht in der Nähe der Belegungen zu hantieren, wie mit dem Handauslader, und ist also vor elektrischen Schlägen, die hier nicht ungefährlich sind, mehr geschützt.

Stellt man die Funkenstrecke *b* über Schlagweite, so erfolgt die Entladung der Batterie durch die Funkenstrecke *a*, oder um den Rand einer Flasche herum oder gar durch das

Glas, wenn nicht eine Entladung der Batterie mit einem Auslader vorgenommen wird. Dabei behalten die Funken in den beiden letzten Fällen ihre charakteristischen Eigenschaften, dagegen hat der in *a* auftretende Selbstentladungsfunke ganz andere Eigenschaften. Wird die Funkenstrecke *b* auf Schlagweite gestellt, so ist der Funke in derselben kurz, dick, glänzend weifs und knallend; der Entladungsfunke bei *a* ist bedeutend länger, schmäler und gelb, auch verursacht er nur ein geringes Geräusch. Der Grund für dieses veränderte Aussehen liegt hauptsächlich darin, dafs die Ladung der Flasche in diesem Falle gezwungen ist, die sekundäre Spule des Induktoriums zu durchlaufen, wodurch infolge der Selbstinduktion die Spannung, die sich durch die Verteilung der Elektrizität auf die Flasche bedeutend verringert hatte, so sehr gesteigert wird, dafs die Elektrizität die Funkenstrecke in *a* überwinden kann. Dieser gelbe Funke wird unter keinen Umständen gleichzeitig mit dem Öffnungsstrom auftreten, da ihre Richtungen entgegengesetzt sind, dagegen wird die Selbstentladung durch den gleichgerichteten Schliefsungsstrom begünstigt. Zählt man die Sekunden zwischen je zwei Selbstentladungen durch die Strecke *a* und stellt kurz vor einer solchen den Commutator um, so wird die Selbstentladung dadurch beschleunigt und der gelbe Funke tritt fast augenblicklich auf. Die Anwendung der Scheibe und Spitze im Auslader *a* zur Begünstigung der Ladung erschwert gleichzeitig die Selbstentladung durch diese. Der Beweis, dafs der gelbe Funke eine Entladung der Batterie herbeiführt, läfst sich leicht dadurch erbringen, dafs man den Induktor kurz nach einer solchen abstellt und die Flaschen auf ihre Ladung prüft. Sie werden sich dann meist als nicht oder nur wenig geladen erweisen.

Da der Entladungsstrom der Flasche nach dem Lenzschen Gesetze dem Ladungsstrome des Induktors entgegengesetzt ist, so mufs die geladene Flasche dem Induktorium entgegenarbeiten. Dies erkennt man schon daran, dafs bei zunehmender Ladung der Flasche die Funken in *a* langsamer überspringen, dagegen nach einer Entladung sofort sichtbar schneller. Auch der Hammer des Quecksilberunterbrechers arbeitet nach der Entladung schneller als vor derselben, was leicht am rasselnden Geräusch desselben zu hören ist.

Bekanntlich besitzt jedes gröfsere Induktorium einen Condensator, um den beim Öffnen der galvanischen Kette entstehenden Extrastrom aufzunehmen, der dann beim Schliefsen im Unterbrecher wieder ausgeglichen wird. Dieser Extrastrom ist in seiner Entstehung von der Sekundärspule des Induktoriums unabhängig und seine Funken betragen nur einige Millimeter Länge. Verbindet man aber die Pole der sekundären Rolle mit einer Leydener Flasche, so wird man sofort eine Zunahme der Länge der eben erwähnten Funken bemerken. Diese Erscheinung hat folgenden Grund. Bei jeder Öffnung und auch bei jeder Schliefsung des primären Stromes werden Ströme in der Sekundärspule induziert; diese werden selbst induzierend auf die Primärspule wirken (wir wollen diese Wirkung als eine „tertiäre“ bezeichnen). Da nun infolge der eingeschalteten Flasche die Stromstärke wächst, die Spannung dagegen fällt, so wird die zuletzt erwähnte Induktion auf die Primärrolle einen gröfseren Wert annehmen. Die Länge des erwähnten Funkens des Tertiärstromes betrug bei 11 grofsen Flaschen etwa $3^1/_4$ cm.

Da die Condensatoren der Induktorien zur Aufnahme derartiger Ströme nicht eingerichtet sind, so werden dieselben die Leistung des Induktoriums beeinträchtigen; dafs dieses der Fall ist, läfst sich leicht durch einen Versuch zeigen. Stellt man die Funkenstrecke *b* so weit, dafs eben Selbstentladung in *a* auftritt, so kann man den Funken im Auslader *b* wieder auftreten lassen, indem man den Condensator (d. h. den einen Pol der Primärspule) zur Erde oder zur Gasleitung ableitet. Die von uns als tertiäre bezeichneten Ströme machten sich, als wir sie noch nicht zur Erde abgeleitet hatten, infolge ihrer bedeutenden Spannung höchst lästig, da man jedesmal beim Ab- und Anstellen des Induktoriums einen recht empfindlichen Schlag erhielt. Legten wir ein Blatt Papier in der Nähe des Induktors auf den Tisch, darauf eine Glasplatte und darüber ein zweites Blatt, so konnte man durch Verbindung der Blätter dieser Franklinschen Tafel Funken erhalten. Stellte sich eine Person in die Nähe der Flaschen, so konnte man kleine Funken aus den Fingerknöcheln ziehen.



War der Condensator an die Gasleitung angeschlossen, so gaben alle möglichen Gegenstände im Zimmer Funken, z. B. die ganze Gasleitung im Zimmer, die galvanischen Elemente, der eiserne Ofen, das eiserne Gestell der Dynamomaschine, sowie Kneifzangen, Feilen und Drähte, die in etwa 2—3 Meter Entfernung auf einem hölzernen Borte lagen.

Es ist schon erwähnt, dafs man durch den Auslader *b* der Fig. 7, wie durch die Mafsflasche, in den Stand gesetzt wird, bei wiederholten Versuchen jedesmal eine gleiche Ladung zu verwenden und auch die bei ungleichen Ladungen angewandten Elektrizitäten abzumessen, weil die Schlagweite einer Flasche oder Batterie der Dichte der in der inneren Belegung angehäuften Elektrizität proportional ist. Dies gilt aber nur, so lange die Gestalt derjenigen Stellen, zwischen denen die Entladung stattfindet, sich nicht ändert. Es ist also notwendig, dafs der Auslader derselbe bleibt, wenn die Funkenstrecke *b* die Mefsflasche ersetzen soll, und dafs bei Verwendung von Scheibe und Spitze die gegenseitige Stellung beider nicht geändert wird.

Zur Erklärung möge folgender Versuch dienen. Stellten wir den Auslader *b* der Fig. 7, dessen Pole Zinkkugeln von 2 cm Durchmesser waren, so weit, dafs gerade noch ein Funke übersprang, so konnten wir bei Kugeln von nur $^3/_4$ cm Durchmesser die Funkenstrecken im Auslader fast um die Hälfte vergröfsern. Wurden Scheibe und Spitze angewandt, so konnte die Entfernung fast doppelt so grofs wie im ersten Falle sein, doch mufsten dann die Auslader *b* und *a* die umgekehrte Stellung haben, da die Stromrichtungen des Ladungs- und Entladungsstromes entgegengesetzt sind. Es war also die Spitze des Ausladers *a*, dagegen die Scheibe des Ausladers *b* mit der inneren Belegung verbunden.

In allen drei Fällen war die Funkenstrecke *b* auf Maximal-Schlagweite gestellt, d. h. eben vor Eintritt der Selbstentladung durch die Funkenstrecke *a*; daher war die sich im Auslader ausgleichende Elektrizitätsmenge in den drei Fällen dieselbe, weil die Selbstentladungen durch die Funkenstrecke *a*, so lange diese dieselbe bleibt, bei gleicher Batterieladung eintreten. Wenn man bei Anwendung verschiedener Auslader für die Strecke *b* eine gleiche Funkenlänge wählt, so springen demnach verschiedene Elektrizitätsmengen über.

Ist das Zimmer verdunkelt, so nimmt man bei einer Entladung in *b* plötzlich einen Strahlenkranz am Rande der Belegungen wahr, der sich über den ganzen Glasrand ausdehnt. (Der Rand der Flaschen war nur 5 cm breit, da es uns nicht auf hohe Spannung ankam, die übrigens bei einer derartigen Batterie mit einem Induktorium von 25 cm Funkenlänge auch nicht gut zu erzielen gewesen wäre.) Es ist dies eine Folge der Oszillation der Elektrizitäten, die beim Ausgleich nicht sofort zur Ruhe kommen, sondern noch eine Zeit lang hin- und herfliefsen, ähnlich wie ein Pendel über die Ruhelage hinausschiefst und erst nach mehreren Schwingungen zur Ruhe kommt. Aus diesem Grunde kann es vorkommen, dafs g l e i c h z e i t i g mit dem Funken in *b* ein Funke um den Rand einer Flasche schlägt. Um das zu verhindern, genügt es meist, die Funkenstrecke etwas kleiner zu nehmen.

In Fig. 7 befindet sich aufser der Funkenstrecke *b* noch eine andere, *c*; ihre Pole waren bei den bisherigen Versuchen zusammengestellt, so dafs sie nur ein Stück der Leitung bildeten, die Funkenstrecke *c* dient dazu, Gegenstände einzuschalten, durch die ein Entladungsschlag geführt werden soll. Schalteten wir z. B. ein gewöhnliches Galvanometer zwischen die Pole von *c*, so erhielten wir einen Ausschlag von etwa 15° im Augenblicke der Entladung. Ein Wasserzersetzungsapparat (angefertigt nach Müller-Pouillet a. a. O. III 1 S. 200), bei *c* eingeschaltet, zeigte im Augenblicke der Entladung Gasentwicklung. Bei diesen Versuchen, empfiehlt es sich die Funkenstrecke *b* nicht zu grofs zu nehmen, da sonst der Apparat durch einen überschlagenden Funken zersprengt werden kann. Auch um verschiedene Metalle auf Glas einzuschmelzen, bedienten wir uns des Ausladers *c*. Wir nahmen beispielsweise einen Streifen echten Blattgoldes und prefsten ihn zwischen zwei Glastafeln in einer Schraubzwinge fest. Brachten wir nun die etwas vorstehenden Enden des Streifens mit den Kugeln von *c* in Verbindung und leiteten einen Entladungsschlag durch diese Vorrichtung, so wurde das Gold durch den Funken verflüchtigt und die Dämpfe auf dem Glase als Purpurgold eingeschmolzen. Meist wird dabei jedoch das Glas zertrümmert, daher darf

man die Funken nicht zu grofs nehmen und die Schraubzwinge nur mäfsig anziehen. Es gelang uns auch, Platin, Eisen, Kupfer, Messing, Blei, Zinn und Zink zu verflüchtigen, doch bedurften wir dabei einer etwas stärkeren Ladung als beim Einschmelzen des Goldes, da die Blättchen, von uns selbst durch Hämmern und Ätzen in Säuren hergestellt, nicht ganz so dünn wie das Blattgold waren. Das im Glase eingeschmolzene Metall zeigte im auffallenden Lichte die charakteristischen Farben der Metalle, im durchfallenden Lichte dagegen erschien Gold purpurrot, Platin grau, Eisen schwarz, Kupfer rotbraun, Messing purpurrot (wie Gold), Blei grauschwarz, Zinn (Stanniol) graubraun und Zink grau. Wir stellten diese Versuche später auch mit 11 Flaschen an, doch wurde dabei meistens das Glas zu Staub zertrümmert; auch war eine Verletzung durch umherfliegende Glassplitter in der Entfernung von einigen Metern nicht ausgeschlossen.

Bevor wir zu weiteren Versuchen mit 11 Flaschen übergehen, mag erst eine Beschreibung der Anordnung Platz finden. Auf dem Experimentiertische standen aufser dem Induktorium und der galvanischen Batterie nur die drei Auslader *a*, *b* und *c*. Die Batterie selbst, die einen Raum von etwa 6 qm beansprucht, stand hinter dem Tische in zwei Reihen und zwei Gruppen zu 5 und 6 Flaschen auf der Erde. Die Zuleitungsdrähte vom Induktorium, sowie die Drähte nach den Ausladern waren durch Kautschuk gut isoliert, um einerseits einen Verlust durch Strahlung zu vermeiden, andererseits uns vor elektrischen Schlägen zu schützen. Sämtliche Leitungsdrähte waren ihrer Länge wegen über Glasstäbe, die in Stativen befestigt waren, hinweggeführt. Zur Verbindung der äufseren Belegungen dienten, wie auch Fig. 7 zeigt, mit Stanniol beklebte Pappstücke. Die Zuleitungen zu den inneren Belegungen bildeten stumpfwinklig gebogene Eisendrähte von Telegraphendraht, die an dem aus der Flasche ragenden Ende eine Öse trugen; je zwei standen sich immer so gegenüber, dafs ein durch sämtliche Ösen geschobener Draht die inneren Belegungen verband.

Um die Batterie in zwei gleichen Gruppen verwenden zu können, war dieser etwa 3 Meter lange Draht in der Mitte durchschnitten. Da die Belegungen an den Berührungsstellen mit den Drähten infolge überspringender Fünkchen leicht verbrannten, legten wir u n t e r sämtliche Drähte mehrmals zusammengefaltetes Stanniol. Die Leitungsdrähte der äufseren Belegungen waren an Gewichten (20 Pfund) befestigt, die mit Stanniol bekleidet waren und auf den Pappstücken standen. Am stärksten war das Verbrennen des Stanniols an der Stelle, wo das Gewicht stand, welches den Leitungsdraht des Ausladers *b* trug, da sich hier im Augenblicke der Entladung die ganze Elektrizitätsmenge der äufseren Belegungen vereinigte. Wie sich bald herausstellte, erwiesen sich die grofsen Funken bei weitem nicht so schädlich für die Belegung wie die kleinen, da sich bei diesen wegen der schnelleren Folge die Wärmewirkung summierte.

War die Funkenstrecke *a* auf Maximalschlagweite gestellt, so erhielten wir im Auslader *b* wahrhaft imposante Funken von 3 cm Länge, die von einem pistolenschufsartigen Krachen begleitet waren; die Erschütterung der Luft war so stark, dafs ein in 20 cm Entfernung über die Funkenstrecke gehaltenes Blatt Papier in die Höhe flog. Wurden in *b* Scheibe und Spitze verwendet, so entstand ein Lichtkegel von 3 cm Höhe und 3 cm Durchmesser der Basis an der Scheibe. Wie bedeutend die sich ausgleichende Menge der Elektrizität ist, zeigt folgender Versuch. Stellt man die Funkenstrecke *b* etwa 4 cm weit zwischen Scheibe und Spitze und stellt man kurz vor einer Entladung das Induktorium ab, so ist ein lautes Pfeifen überall im Zimmer zu vernehmen, das in fast gleicher Stärke etwa eine Minute andauert und seinen Grund in einer violetten geradlinigen Büschelentladung hat. Führt man aber nach Aufhören des Zischens eine Entladung der Batterie herbei, so erhält man immer noch einen Funken von der Gröfse einer Haselnufs. Aus diesem Versuche geht gleichzeitig hervor, dafs eine B ü s c h e l e n t l a d u n g immerhin nur eine u n v o l l k o m m e n e E n t l a d u n g herbeiführt.

Eine Batterie von 110000 qcm Belegung ist besonders für Versuche geeignet, bei denen es auf grofse Stromstärke ankommt, z. B. um Drähte zu schmelzen. So schmolzen Kupferdraht von 2 cm Länge und 0,1 mm Dicke, Stanniolstreifen von 1 cm Breite und 4—5 cm



Länge glatt, letztere wurden auch noch durch den Schlag verflüchtigt und zu Zinnoxyd verbrannt, das dann in Gestalt weifsen Nebels in der Luft schwebte. Weiter kann man mit Leichtigkeit eine Stricknadel, die in einer mit Draht umwundenen Glasröhre steckte, durch den Entladungsschlag magnetisieren. In ein Blatt Stanniol schmilzt der überschlagende Funke, auch wenn es doppelt zusammengelegt wird, Löcher von der Dicke eines Bleistiftes; die Löcher in einem Blatte Papier sind nur halb so grofs und zeigen angekohlte Ränder. Stellt man die Strecken *a* und *b* kurz (etwa $2^1/_2$ cm), so kann der Funke beider Auslader leicht Holzklötze, Papier und so weiter entzünden. Hält man ein Blatt Stanniol, das man aber an einem Glasstab befestigen mufs, in den Funken, so schmilzt es und das herabtropfende Zinn wird zu Oxyd verbrannt.

Infolge der grofsen Stromstärke reifsen die Funken grofse Löcher in die Kugeln des Ausladers, auch bedecken sich dieselben sehr bald mit Verbrennungsprodukten des Metalles, daher ist es ratsam, sie öfters abzuschmirgeln.

Will man Versuche anstellen, bei denen neben grofser Stromstärke auch eine gröfsere Spannung erforderlich ist, so wählt man die Anordnung der Fig. 6. Dabei stellten wir von unseren 11 Flaschen die 6 kleineren und die 5 gröfseren zusammen und verbanden die inneren Belegungen untereinander und ebenso die äufseren jeder Gruppe. So erhielten wir jederseits eine Batterie von etwa 55 000 qcm wirksamer Oberfläche.

Diese Anordnung ist besonders geeignet, um die Sprengwirkung eines in einem mit Wasser gefüllten Glasgefäfse überspringenden Funkens zu zeigen, wobei allerdings wegen der umherfliegenden Glassplitter einige Vorsicht zu empfehlen ist; weiter durchschlägt der Funke leicht Stanniol, Holz, Pappe und Papier (nicht Glas), wobei in Schreibpapier Löcher von 5 mm Durchmesser eingerissen wurden. Auffallend war dabei, dafs die Ränder der Öffnung zwar beiderseits aufgebogen, dafs aber nur auf einer Seite sowohl Pappe als auch gewöhnliches Schreibpapier in einem Umkreise von etwa 1 cm Durchmesser aufgerissen und abgeblättert war. Auf dieser Seite war das Papier zugleich durch das verflüchtigte Zink der Ausladerkugel geschwärzt und zwar in einem Umkreise von etwa $1^1/_2$ cm Durchmesser.

Die hier beschriebenen Versuche sind freilich zum Teil ihrem Wesen nach nicht neu, sind aber wegen der bedeutenden Elektrizitätsmengen, die mit den angegebenen, verhältnismäfsig geringen Mitteln erzielt sind, und weil daher alle Erscheinungen mehr in die Augen springen, sehr unterhaltend, aber auch sehr lehrreich. Obgleich sich auch hier, unter Anwendung des Induktoriums, ein Einflufs der Witterung und der Feuchtigkeitsverhältnisse im Zimmer bemerkbar macht, ist das doch bei weitem nicht in dem Mafse der Fall, wie bei Versuchen mit der Influenzmaschine.

Sicherlich ist unsere elektrische Batterie imstande, bei Anwendung eines gröfseren Induktoriums noch gröfsere Elektrizitätsmengen zu fassen.

Umschalter und Schaltungsskizzen für stromelektrische Versuche.

Von

H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

Bei vielen stromelektrischen Versuchen ist das Auswechseln der Verbindungen eine lästige, zeitraubende und die Übersicht störende Operation. In diesen Fällen wird man sich mit Vorteil eines Umschalters bedienen, den man leicht aus dem bekannten Stromwechsler von Dujardin (Weiler, Der praktische Elektriker, 3. Aufl., Fig. 113) herstellen kann, indem man nämlich die Verbindung der beiden Zuleitungsfedern beseitigt, sodafs jede für sich beweglich ist. Des besseren Contakts wegen und um alle leitenden Teile sichtbar in einer Ebene anbringen zu können, habe ich mir den in Figur *A* dargestellten Umschalter construiert.

In Nuten der Grundplatte, die man am einfachsten aus drei dünnen mit der Laubsäge ausgeschnittenen Brettchen zusammensetzt, bewegen sich zwei Schieber, *1* und *2*, als Träger für die gebogenen, starken, elastischen Schleiffedern und die zugehörigen Klemmschrauben.



Die Federn sind am Ende dreiteilig, um einen sicheren Contakt zu geben, und berühren zurückgezogen den einen Contaktstreifen *a*, vorgeschoben den andern *b*, während bei mittlerer Stellung die Leitung unterbrochen ist. Für diese Lage giebt eine schwache Auskehlung der Grundplatte den nötigen Halt. Die Bildung eines schädlichen Nebenschlusses zwischen *a* und *b* wird durch Rinnen in der Grundplatte verhindert. Als Handgriffe zum Vor- und Rückwärtsschieben können die Federn selbst dienen. Das Grundbrett hat einen schrägen Fufs, sodafs es um etwa 30° geneigt, den Schülern zugewendet aufgestellt, nötigenfalls auch mit einer Schraubenklemme am Tische befestigt werden kann.

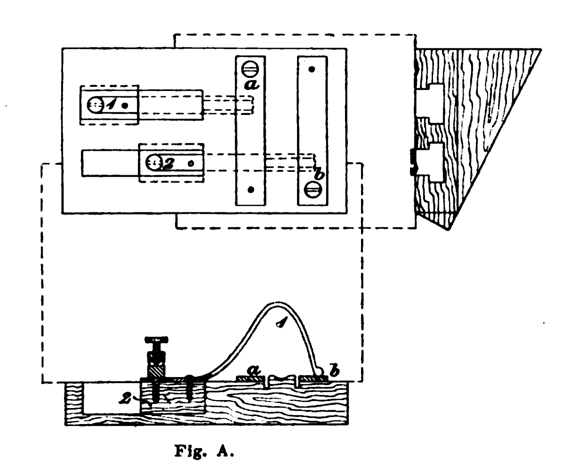


Fig. A.

Vor jedem Versuche müssen die Schüler sich eine Schaltungsskizze anfertigen und dabei die in Betracht kommenden Verbindungen notieren. *1a* bedeutet, die Feder *1* berührt den Contaktstreifen *a*, das Entsprechende *1b*, *2a*, *2b*; *10* bedeutet, die Feder *1* berührt den nicht leitenden Mittelstreifen. Bei und nach dem Versuche werden dann noch die gegebenen Widerstände, die abgelesenen Stromstärken u. s. w., sowie die Gleichungen und Berechnungen bezw. die abgeleiteten Gesetze hinzugefügt.

Die Verwendung des Apparates als Stromschlüssel und als Stromwechsler braucht nicht weiter erläutert zu werden; für einige der wichtigsten Experimente sind in dem Folgenden Schaltungsskizzen entworfen. Es bedeuten dabei *E* Element, *R* Widerstand, *G* Strommesser (je nach Umständen Tangentenbussole, Ampèremeter, Galvanometer). Die Widerstände der Strommesser sowie der Zuleitungen sollen, wo erforderlich, so klein sein, dafs man sie vernachlässigen darf.

1. Ohmsche Methode zur Bestimmung des inneren Widerstandes r und der elektromotorischen Kraft e eines Elementes (Fig. 1). *1a*: Kurzschlufs, *1b*: Einschaltung des bekannten Widerstandes R. Es folgt: $e = i_1 \cdot r = i_2 \cdot (r + R)$; daraus berechnen sich e und r.

2. Polarisation in einer elektrolytischen Zelle V (Fig. 2). *1a*: Ladung, *1b*: Entladung: Ausschlag des Galvanometers. Die Zelle V kann auch durch einen kleinen Motor oder durch einen Elektromagneten mit vorgelegtem Anker ersetzt werden. In dem

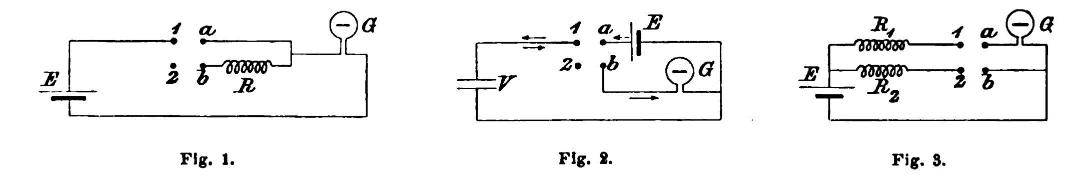


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

letzten Falle erfolgt bei schnellem Wechsel von *1a* zu *1b* ein Ausschlag des Galvanometers — Hysteresis, beim Abreifsen des Ankers wieder ein Ausschlag in demselben Sinne — remanenter Magnetismus.

3. Gesetze der Stromverzweigung (Fig. 3). R_1 und R_2 sind gegeben:

1a, *2a*: Messung des Hauptstromes i;
(*1a*), *2b*: Zweigstrom durch R_1 gleich i_1;
1b, *2a*: Zweigstrom durch R_2 gleich i_2.

Es müssen dann die Gleichungen $i = i_1 + i_2$ und $i_1 R_1 = i_2 R_2$ erfüllt sein. Man könnte auch noch e und r nach der Ohmschen Methode durch *1a*, *20* und *10*, *2a* bestimmen aus den Gleichungen $e = (r + R_1) J_1 = (r + R_2) J_2$ und es würde sich dann noch $e = i r + i_1 R_1$ ergeben müssen.

4. Messung des Widerstandes eines Leiters (Fig. 4). R_1 bekannt, R_2 gesucht.

1a, *20*: Kurzschlufs; Stromstärke i;

10, *2a*: Strom durch R_1 gleich i_1;

1b, *20*: Strom durch R_2 gleich i_2.

Man berechnet dann R_2 aus den Gleichungen

$$e = i\ r = i_1 (r + R_1) = i_2 (r + R_2).$$

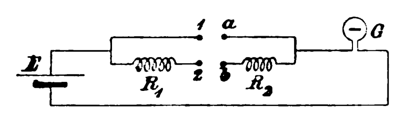
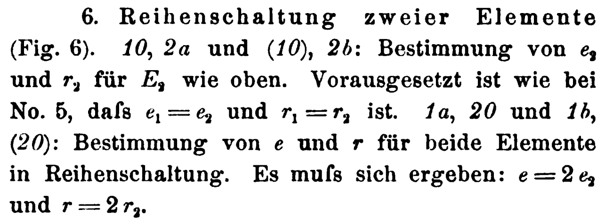


Fig. 4.

(Selbstverständlich erhält man mit der Wheatstoneschen Brücke genauere Werte.)

5. Nebenschaltung zweier Elemente (Fig. 5). (* bedeutet eine Stromkreuzung ohne leitende Verbindung.) *1a*, *20* und *1b*, (*20*): Bestimmung von e_1 und r_1 für E_1 nach der Ohmschen Methode. (Man könnte dann durch *10*, *2a* und (*10*) *2b* auch e_2 und r_2 für E_2 bestimmen, doch wird man zwei gleiche Elemente verwenden, sodafs $e_2 = e_1$ und $r_2 = r_1$ ist.) *1a*, *2a* und *1b*, *2b*: Bestimmung von e und r für die nebengeschalteten Elemente. Es mufs sich ergeben: $e = e_1$ und $r_1 = 2r$.



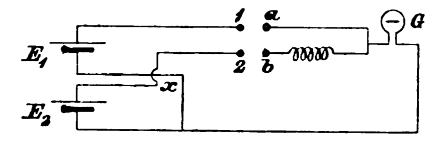


Fig. 5.

6. Reihenschaltung zweier Elemente (Fig. 6). *10*, *2a* und (*10*), *2b*: Bestimmung von e_2 und r_2 für E_2 wie oben. Vorausgesetzt ist wie bei No. 5, dafs $e_1 = e_2$ und $r_1 = r_2$ ist. *1a*, *20* und *1b*, (*20*): Bestimmung von e und r für beide Elemente in Reihenschaltung. Es mufs sich ergeben: $e = 2\,e_2$ und $r = 2\,r_2$.

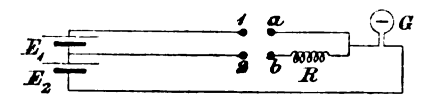


Fig. 6.

7. Theorie der Tangentenbussole (*cf. d. Z. X, 183, 2*) (Fig. 7). Es ist hier die dort improvisierte Einrichtung fest angenommen. *1a*, *20*: Einschaltung des grofsen Stromkreises; Ablenkungswinkel α_1; *1b*, (*20*): Einschaltung des kleinen einfachen Stromkreises. Ablenkungswinkel α_2; *1a*, *2a*, *a0* (*a0* bedeutet, dafs der Leitungsdraht aus der Klemme a entfernt wird): Einschaltung der beiden Umläufe des kleinen Kreises; Ablenkungswinkel α_3. Es mufs sich ergeben:

$$4 \text{ tg } \alpha_1 = 2 \text{ tg } \alpha_2 = \text{tg } \alpha_3$$

oder für die Tangententeilung (d) des oben angeführten Apparates: $4\,d_1 = 2\,d_2 = d_3$.

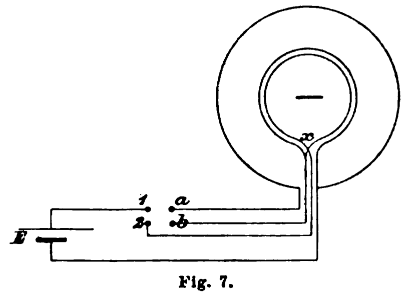


Fig. 7.

8. Wärmewirkung des Stromes (Fig. 8). R_1 und R_2 sind die Widerstände in dem Apparat von Weiler-Foster (*d. Z. VI, 86*). $R_2 = 2\,R_1$.

1a, *20*: R_1 und R_2 erhalten denselben Strom, und die Erwärmung bei R_2 ist die doppelte.

1b, *2a*: Der Strom in R_2 ist die Hälfte des in R_1, die Erwärmung ebenfalls die Hälfte von der in R_1. Daraus folgt dann das Joulesche Gesetz.

Ich habe für meinen Unterricht den Apparat noch etwas abgeändert (Fig. 9). R ist ein frei in der Luft befindlicher Widerstand von 1 Ω, $R_1 = 1\ \Omega$, R besteht aus 2 Spiralen von je 1 Ω, deren Verbindungsstelle eine Ableitung nach aussen hat, die zunächst frei bei c endigt; *3* ist eine Klemmschraube. Anfangs sind alle Verbindungsstellen offen.

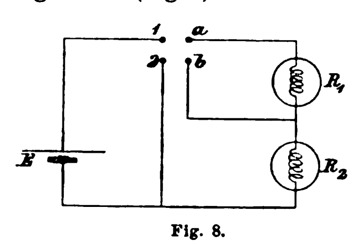


Fig. 8.

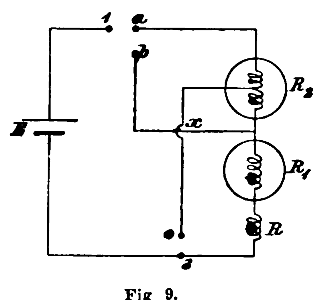


Fig 9.

1. Versuch: Man schliefst *1a* und öffnet nach einiger Zeit wieder durch *10*. Der gleiche Strom wie bei R_1 geht bei R_2 durch den doppelten Widerstand, die Wärmewirkung ist die doppelte.

2. Versuch: Man verbindet *3c*, schliefst dann den Strom durch *1b* und öffnet endlich wieder durch *10*. In R_2 ist derselbe Widerstand wie in R_1, nämlich nur 1 Ω eingeschaltet, die Stromstärke aber ist die doppelte, daher mufs sich die 4 fache Wärmewirkung ergeben.

Bei diesem Versuche wie bei No. 1 und 2 wird der Schieber *2* gar nicht gebraucht. Man könnte sich hier wie in No. 7 das Verbinden bezw. Lösen von den Klemmschrauben (*3c—a0*) ersparen sowie in No. 6 auch e_1 und r_1 für E_1 bestimmen, wenn man noch einen Umschalter mit einem Schieber oder einen Apparat mit drei Schiebern oder drei Contaktstreifen verwendete. Die Versuche würden dadurch aber schwerlich einfacher und übersichtlicher.

Über die Verzweigung eines Wechselstromes und die Entstehung eines Drehfeldes.

Von

Dr. **Joh. J. C. Müller,** Oberlehrer am Technikum in Bremen.

Der Ring in Fig. 1 ist mit vier gleichen Spulen aus Kupferdraht bewickelt, von denen je zwei einander gegenüberliegende hintereinandergeschaltet sind. Das eine Spulenpaar ist mit 1—1, das andere mit 2—2 bezeichnet. Fliefst durch jedes Spulenpaar ein Wechselstrom und haben beide Wechselströme eine Phasendifferenz gegeneinander, so entsteht bekanntlich im Innern des Ringes ein magnetisches Drehfeld.

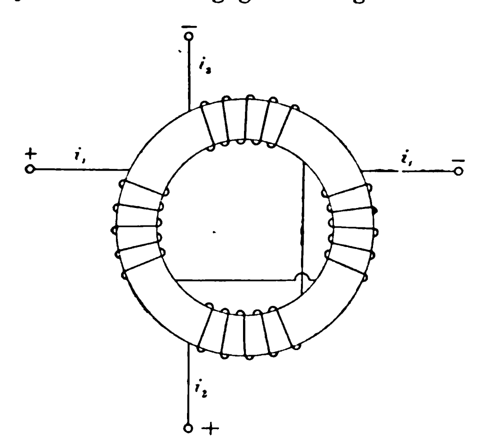


Fig. 1.

Wir wollen der Einfachheit wegen für die nächsten Betrachtungen annehmen, dafs beide Wechselströme gleiche effektive Stärke i_1 und i_2 haben, und dafs die Differenz der Phasen derselben 90° beträgt. Das Maximum beider Ströme sei J. Wird dann der zeitliche Verlauf beider Wechselströme in Fig. 2 dargestellt, wobei der Strom i_1 voreilt und i_2 gegen i_1 in der Phase verzögert ist, so dreht sich das magnetische Feld im Innern des Ringes entgegen der Bewegung des Uhrzeigers. Wir nehmen dabei an, dafs die Ströme in die mit + bezeichneten Klemmen eintreten, wenn die augenblickliche Stärke derselben durch eine positive Ordinate der Sinuskurve dargestellt wird. Wenn dagegen der Strom i_2 im Spulenpaar 2—2, wie in Fig. 3, eine Voreilung in der Phase um 90° gegen i_1 hat, so dreht sich das magnetische Feld im Innern des Ringes im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers.

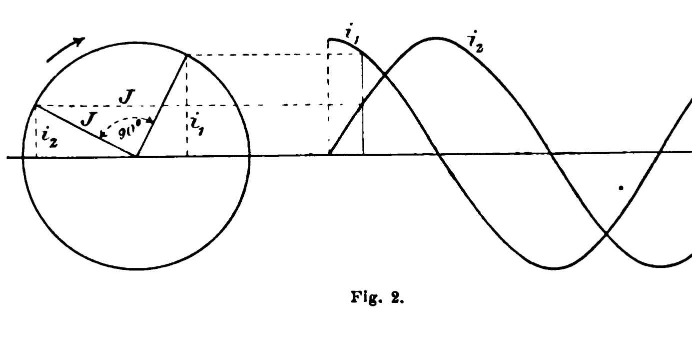


Fig. 2.

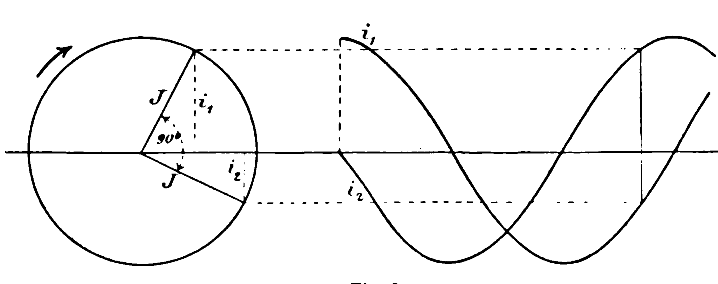


Fig. 3.

Im Nachfolgenden sollen Verzweigungen im



Wechselstromkreise benutzt werden, und zwar sollen Kapazität, Selbstinduktion und Widerstand der beiden Zweige so gewählt werden, dafs die beiden Zweigströme eine Phasendifferenz gegeneinander haben. Fliefst dann der eine Zweigstrom i_1 durch das Spulenpaar 1—1, der andere i_2 durch das Spulenpaar 2—2, so entsteht im Innern des Ringes ein magnetisches Drehfeld.

In Fig. 4 bedeutet W die Wechselstrommaschine. R ist der in Fig. 1 dargestellte Ring mit den beiden Spulenpaaren.

1. An der Stelle A (Fig. 4) findet eine Verzweigung des Wechselstromes statt. Der eine Zweigstrom i_1 fliefst durch einen Satz parallel geschalteter Glühlampen (Lampenwiderstand), der andere i_2 durch die Erregungsspulen eines Elektromagneten M, dessen Kern aus Eisenblechen von 0,8 mm Dicke zusammengesetzt ist. Da Selbstinduktion und Kapazität praktisch genommen in den elektrischen Glühlampen gleich Null sind, dagegen die Erregungsspulen einen grofsen Selbstinduktionskoëffizienten haben, so hat der Strom i_2 eine Phasenverzögerung gegen i_1 [1]). Ein im Innern des Ringes hängender Kupfercylinder, dessen Drehungsachse mit der Achse des Ringes zusammenfällt, wird in Drehung versetzt und rotiert in derselben Richtung wie das Feld. Wir beobachten dabei, dafs der Kupfercylinder entgegen der Bewegung des Uhrzeigers umläuft.

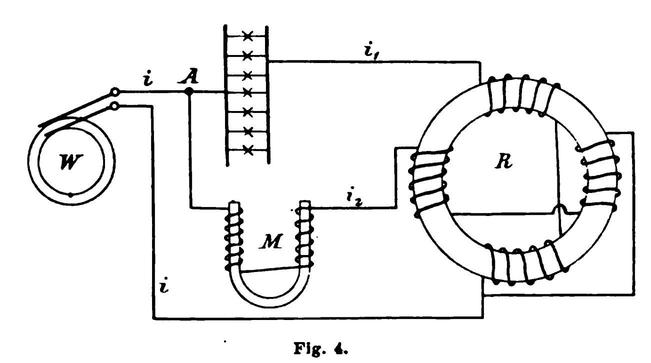


Fig. 4.

2. Wird der Elektromagnet aus dem zweiten Zweige entfernt und an die Stelle desselben ein elektrolytischer Condensator [2]) gebracht, welcher aus zwei in gesättigte Kaliumalaunlösung getauchten Aluminiumplatten besteht, so hat der Strom i_2 eine Voreilung gegen i_1. Das Feld rotiert jetzt im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers.

3. Schaltet man in dem zweiten Zweige eine Drosselspule D und den elektrolytischen Condensator hintereinander ein, so läfst sich durch Änderung der Selbstinduktion der Drosselspule erreichen, dafs entweder 1. i_1 Voreilung gegen i_2 hat, oder dafs 2. i_2 Voreilung gegen i_1 hat, oder dafs 3. beide Ströme in gleicher Phase sind. Im letzteren Falle wird die durch die Kapazität bedingte Voreilung durch die Selbstinduktion der Drosselspule aufgehoben; es entsteht also kein Drehfeld im Innern des Ringes und der Kupfercylinder wird nicht in Bewegung gesetzt. Als Drosselspule benutze ich hierbei eine aus 2 mm dickem Kupferdrahte hergestellte Spule mit 450 Windungen (6 Lagen von je 75 Windungen, Länge der Spule 25 cm). In das Innere der Spule kann ein Bündel von Drähten aus weichem Eisen geschoben werden (Durchmesser des Eisendrahtbündels 30 mm). Durch Hineinschieben und Herausziehen des Eisenkernes kann die Selbstinduktion der Spule in der für den beschriebenen Versuch erforderlichen Weise geändert werden. Schiebt man den Eisenkern bis zu einer gewissen Tiefe in die Spule, so verschwindet das Drehfeld; hebt man den Eisenkern, so dreht sich der Kupfercylinder im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers, schiebt man den Eisenkern weiter hinein, so dreht sich der Cylinder im entgegengesetzten Sinne.

Der elektrolytische Condensator enthält dabei zwei Aluminiumplatten von 1 mm Dicke (21 cm $\times$ 26 cm); beide Platten stehen senkrecht in der Kaliumalaunlösung und einander parallel im Abstande von 1 cm. Die Kaliumalaunlösung hat die Temperatur + 15° C. und ist gesättigt. Eisenplatten in Sodalösung geben weniger günstige Resultate.

Der Elektromagnet M hat einen Kern, der aus 40 von einander durch einen Anstrich mit Lack isolierten Eisenblechscheiben (Dicke 0,8 mm) zusammengesetzt ist. Die Dimensionen

[1]) Vergl. Bedell und Crehore, Theorie der Wechselströme, deutsche Übersetzung von A. H. Bucherer, S. 36 und 182.

[2]) Grawinkel und Strecker, Hülfsbuch für die Elektrotechnik. 5. Aufl. S. 26.

der Bleche ergeben sich aus Fig. 5. Auf jedem der beiden Schenkel sitzt eine Erregungsspule mit 150 Windungen aus Kupferdraht (1 mm Durchmesser); beide Spulen sind hintereinandergeschaltet.

Bei den oben beschriebenen Versuchen besteht der Ring aus weichem Eisendraht (Querschnitt des Ringkernes 4 cm × 3 cm). Der Ring ist in Quadranten geteilt, von denen jeder eine Spule mit 100 Windungen Kupferdraht (1,5 mm Durchmesser) enthält[3]). Die vier Spulen sind in derselben Weise geschaltet, wie Fig. 1 zeigt. An Stelle des Ringes läfst sich bei den erwähnten Versuchen auch der folgende Apparat verwenden, der im Prinzipe dem Induktionsmotor von Ferraris[4]) entspricht Ein vierpoliger Feldmagnet ist aus 20 Eisenblechen von der in Fig. 6 dargestellten Form zusammengesetzt. Die Eisenbleche von 1 mm Dicke sind durch Papierblätter von einander isoliert. Über jeden der vier nach innen gekehrten Pole ist eine Erregungsspule mit 80 Windungen Kupferdraht (1,5 m dick) geschoben.

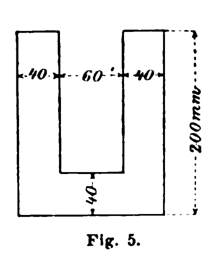


Fig. 5.

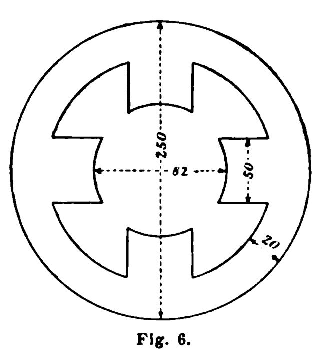


Fig. 6.

Je zwei gegenüberliegende Pole werden von demselben Wechselstrom erregt. Zwischen den Polen ist ein Anker um eine Welle drehbar. Der Kern des Ankers besteht ebenfalls aus Eisenblechen und ist in derselben Weise wie ein Anker für Gleichstrommaschinen construiert. Der ganze Anker ist der Einfachheit wegen mit einem Mantel aus Kupferblech umgeben.

Zum Schlusse sei bemerkt, dafs die bei dem Versuche 2 entstandene Phasendifferenz nur gering ist. Es ergiebt sich dies aus der Messung der Stromstärken i_1 und i_2, sowie des Gesamtstromes i[5]). Die Frequenz des benutzten Wechselstromes war 40. Bei allen Versuchen waren die Ströme i_1 und i_2 einander gleich und zwar 4 Amp.

Kleine Mitteilungen.

Zur Demonstration des Einflusses des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Funkenentladung.

Von **Alfonso Sella** in Rom.

Herr Dunker hat neulich in dieser Zeitschrift (*XII 273, Sept. 1899*) eine experimentelle Anordnung beschrieben, welche den Einflufs des ultravioletten Lichtes auf die Funkenentladung zu demonstrieren erlaubt. Eine Influenzmaschine ladet zwei parallel geschaltete Flaschenpaare, deren äufsere Belegungen je durch eine Funkenstrecke verbunden werden. Springt ein Funke im Auslader der Maschine über, so hat man gleichzeitig zwei Funken in den beiden äufseren Funkenstrecken. Alsdann wirkt einer von diesen als der aktive Funke und sendet ultraviolettes Licht auf die andere Funkenstrecke aus, welche als passive die Einwirkung der Beleuchtung zeigen soll.

Nun habe ich vor zwei Jahren in der ersten in Rom stattgefundenen Sitzung der Italienischen physikalischen Gesellschaft eine Anordnung demonstriert (und erst kürzlich im *Nuovo Cimento, 4, X, S. 176, Sept. 1899* veröffentlicht), welche mir einfacher als die Dunkersche zu sein scheint. Gebraucht wird dabei blofs ein Flaschenpaar, und zwar die gewöhnlichen Verstärkungsflaschen der Influenzmaschine, deren äufsere Belegungen durch eine

[3]) Silvanus P. Thompson, Mehrphasige elektrische Ströme und Wechselstrommotoren, deutsche Übersetzung von A. Strecker 1896. S. 90 und ff.

[4]) ebenda p. 86 und G. Kapp, Elektrische Kraftübertragung. 2. Aufl. S. 227.

[5]) Bedell und Crehore, Theorie der Wechselströme, S. 196.

Funkenstrecke verbunden werden. In dieser tritt der passive Funke auf, während der aktive vom Auslader der Maschine erzeugt wird. Zweckmäfsigerweise wird zur passiven Funkenstrecke ein induktiver Widerstand, aus einigen Windungen von metallischem Drahte bestehend, parallel geschaltet. Dadurch, dafs die äufseren Belegungen metallisch verbunden sind, ist der Gang der Maschine regelmäfsiger, ferner kann man recht intensive Entladungen benutzen, ohne die passive Funkenstrecke allzulang zu erhalten. Und dabei ist der Funke äufserst empfindlich gegen den Einflufs des ultravioletten Lichtes, was sich dadurch zeigt, dafs die Natur und der oberflächliche Zustand der Elektroden von geringer Bedeutung sind, so dafs man unter Umständen sogar die Erscheinung mit Spitzen erhalten kann.

Schön und sicher läfst sich die Erscheinung demonstrieren, wenn man den passiven Funken zwischen Kugeln von etwa 1 cm Durchmesser im Abstande von etwa 5 mm durchschlagen läfst; die Funkenstrecke stelle ich vertikal auf, damit der Funke leichter von den seitlich stehenden Beobachtern gesehen wird.

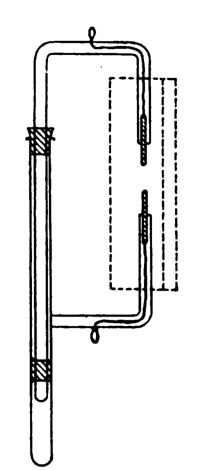
Jedoch möchte ich noch bemerken, dafs bei dieser Anordnung es recht schwierig scheint, den hemmenden Einflufs des ultravioletten Lichtes durch Beleuchtung der positiven Elektrode zu Stande zu bringen (*Rendiconti Acc. Lincei 5, V, S. 323, 389, 1896*).

Eine der Dunkerschen entsprechende Anordnung liefse sich benutzen, um die Wirkung der X-Strahlen auf die Funkenentladung zu demonstrieren, indem man die aktive Funkenstrecke durch eine Röntgensche Röhre ersetzt.

Ein einfaches Funkenmikrometer.

Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

Ein Glasrohr von 15 mm Durchmesser und 30 cm Länge wurde an einem Ende zugeschmolzen. In einer Entfernung von 12 cm vom geschlossenen Ende wurde ein Glasrohr von 8 mm Dicke und 20 cm Länge rechtwinkelig angeschmolzen und in der Mitte rechtwinkelig gebogen. Ein zweites Glasrohr von im ganzen 50 cm Länge und 8 mm Dicke wurde an einem Ende zugeschmolzen und dann zweimal rechtwinkelig gebogen, sodafs das verschlossene Ende 30 cm lang und die beiden anderen Stücke je 10 cm lang waren. Dann wurde das dünnere Glasrohr durch einen in das dickere Glasrohr passenden Korkstopfen streng passend eingesteckt; auf das geschlossene Ende des dünnen Glasrohres war vorher ein kurzes Stück eines Gummischlauches aufgestreift, damit hierdurch das dünne Glasrohr im Innern des dickeren eine gewisse Führung erhielt. Auf diese Weise entstand ein Apparat, der zwei mit ihren offenen Enden einander zugekehrte Glasrohre trug, deren Entfernung beliebig durch Einschieben oder Herausziehen des einen Glasrohres aus dem anderen verändert werden konnte.



Nun wurde an das eine Ende von zwei 6 cm langen und 5 mm dicken Zinkstäben je ein weicher Kupferdraht gelötet. Diese Kupferdrähte wurden in die Glasrohre eingeführt und dann durch je ein Loch, das in die einander gegenüberliegenden parallelen Glasrohrstücke eingeschmolzen war, so weit hindurchgezogen, dafs die Zinkstäbe noch je 25 mm aus den Glasrohren herausragten. Die Kupferdrahtenden wurden dann zu Ösen zusammengebogen. Zum Schlufs wurden die Zinkstäbe und die Kupferdrahtenden mit Gummikitt festgekittet.

Dieses Funkenmikrometer, das besonders zur Anstellung der Teslaschen Versuche mit Erfolg benutzt wurde, kann in jeder beliebigen Lage in ein Stativ eingeklemmt, oder in das Loch eines dickeren Brettes festgekittet werden.

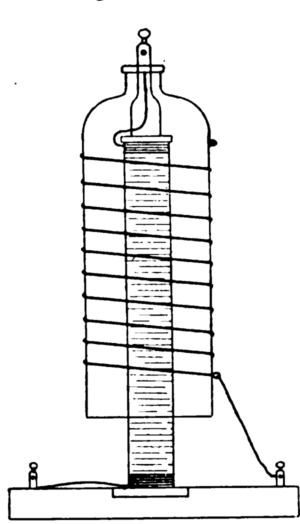
Um das Licht der hell glänzenden Funken bei den Teslaschen Versuchen abzuhalten, wurde, wie in der Figur punktiert angegeben, eine schachtelartige Papphülse, durch welche die einander zugekehrten Glasrohre hindurchgingen, über die Funkenstrecke geklappt.

Hochspannungstransformator.

Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

Um die Teslaschen Versuche mit Hochfrequenzströmen anzustellen, verwandte ich einen Hochspannungstransformator, den ich mit verhältnismäfsig einfachen Mitteln ohne grofse Kosten selbst herstellte und der bei den Versuchen tadellos funktionierte.

Ein gewöhnlicher Standcylinder von 3 cm äufserem Durchmesser und 30 cm Höhe wurde an seinem oberen und unteren Ende mit mehreren (etwa 6) nebeneinander liegenden Windungen von blankem weichen Kupferdraht von etwa 1 mm Dicke umwickelt. Diese Windungen wurden mit einander verlötet und bildeten so einen einfachen fest anschliefsenden Metallring am oberen und unteren Cylinderende. An das eine freie Ende der oberen Windungsgruppe wurde ein mit Seide umsponnener Kupferdraht von 0,3 mm Dicke gelötet. Dieser Draht wurde dann in dicht nebeneinander liegenden Windungen in einfacher Lage um den Cylinder gewickelt, bis das eine freie Ende der unteren verlöteten Windungsgruppe erreicht war, mit welchem der umsponnene Kupferdraht verlötet wurde. Dann wurde ein in die obere Öffnung des Standcylinders passender Holzstopfen geschnitten oder auf der Drehbank gedreht, der an seinem oberen Ende verjüngt zulief und zwar so, dafs der Hals einer Flasche, die als Träger der primären Windungen diente, über das obere Ende pafste und auf dem unteren dickeren Ende ruhte. Das freie Ende der oberen Windungsgruppe des Standcylinders wurde nun durch den Holzstopfen hindurchgeführt und endete an der Spitze des Holzstopfens in einer Klemmschraube. Hierauf wurde der Standcylinder in eine passende Vertiefung eines dickeren Brettes mit seinem Fufse festgekittet. Das freie Drahtende der unteren Windungsgruppe wurde dann in einer in das Fufsbrett geschraubten Polklemme befestigt. Dieser so mit ca. 500 Drahtwindungen umwickelte Standcylinder bildete die sekundäre Spule des Transformators.



Zur primären Spule wurde eine gewöhnliche Glasflasche von 30 cm Höhe und 10 cm Durchmesser benutzt, von welcher der Boden abgesprengt war. Aus 4 mm dickem blanken Kupferdraht wurde nun eine Spule hergestellt, die sich auf den Windungen der Flasche durch eigene Federkraft festhielt. 10 Windungen mit je 2 cm Abstand bedeckten die Oberfläche der Flasche, sodafs oben und unten noch etwa 4 cm freiblieben. Die Drahtenden wurden zu Ösen zusammengebogen. Diese primäre Spule wurde nun einfach über die sekundäre Spule gesetzt, sodafs der Hals der Flasche auf dem Holzstopfen des Standcylinders ruhte. Das untere Ende der primären Spule wurde nun noch mit einer Polklemme auf dem Fufsbrette durch einen starken Draht verbunden. Zum Schlufs wurde noch sowohl die sekundäre Spule, wie auch die Flasche aufsen und innen mit Schellacklösung mehrfach in der Wärme bestrichen. Durch diesen Lacküberzug wurden einerseits die Drahtwindungen noch fester mit einander isoliert verbunden, andrerseits diente der Überzug zum Schutze gegen äufsere Einflüsse.

Mit diesem Transformator liefsen sich alle Tesla-Versuche mit Hochspannungsströmen vorzüglich ausführen.

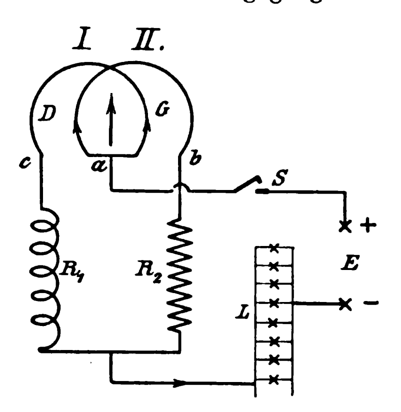
Als Quelle zum Laden der Leydener Flaschen wurde ein 20 cm-Funkeninduktor benutzt. Aber auch schon mit Anwendung einer kleinen Influenzelektrisiermaschine liefsen sich die meisten Versuche recht gut ausführen. Der Transformator besitzt neben seinem Hauptvorzuge der Billigkeit noch die angenehme Eigenschaft, dafs die beiden Spulen leicht von einander getrennt werden können und daher gegen andere ähnliche Spulen mit mehr oder weniger Windungen vertauscht werden können.



Zum Nachweis der Selbstinduktion.

Von Dr. **Johs. J. C. Müller** in Bremen.

Der von der Elektrizitätsquelle E herrührende Strom verzweigt sich bei a, und jeder der Zweigströme durchfliefst eine der Bewicklungen des Differentialgalvanometer DG. Die Schaltung der beiden Bewicklungen I und II ist so ausgeführt, dafs die Wirkungen der Zweigströme auf den Magneten sich aufheben, wenn die Zweigströme einander gleich sind. Haben beide Bewicklungen des Galvanometers gleichen Widerstand und ist ferner $R_1 = R_2$, so wird die Nadel des Galvanometers nicht abgelenkt. L ist ein Glühlampenwiderstand. Zum Nachweis der Extraströme beim Öffnen und Schliefsen des Stromkreises wählen wir für R_1 einen Widerstand mit Selbstinduktion und für R_2 einen Widerstand ohne Selbstinduktion. Dabei soll R_1 seinem in Ohm gemessenen Betrage nach gleich R_2 sein. Wird durch den Ausschalter S der Stromkreis geschlossen, so entsteht in R_1 eine E.M.K. der Selbstinduktion, welche bewirkt, dafs der Strom in I nicht sogleich seinen durch das Ohmsche Gesetz bestimmten Wert annimmt; während einer sehr kurzen Zeit nach dem Schliefsen des Stromes überwiegt die von der Spule II herrührende Kraft. Daher schlägt die Nadel beim Schliefsen des Stromes aus und kehrt dann in die Nulllage zurück. Beim Öffnen des Stromes entsteht ein Induktionsstrom, der die beiden Spulen von b nach c durchfliefst. Die Ablenkungen der Magnetnadel sind beim Öffnen und Schliefsen des Stromes entgegengesetzt. Ist $R_1 = R_2$ und haben beide gleichen Coëfficienten der Selbstinduktion, so verschwinden die Ablenkungen der Nadel beim Öffnen und Schliefsen. Als induktionsfreien Widerstand verwendet man einen auf einem Brett ausgespannten und um eine Rolle gelegten Draht, sodafs die beiden Hälften des Drahtes dicht nebeneinander parallel laufen. Durch zwei auf den beiden Drahthälften schleifende Contakte kann man schnell nach voraufgegangener Prüfung des DG die Nadel in die Nulllage zurückführen. Um auch stärkere Ströme bis zu 10 Amp. und mehr verwenden zu können, benutze ich als Differentialgalvanometer, wie bei der Tangentenbussole, eine kreisförmige Spule (mittlerer Durchmesser 20 cm). Dieselbe enthält zwei nebeneinander liegende Drähte; jeder der beiden ist in 20 Windungen aufgewickelt. In der Mitte der Spule ist die Nadel auf einer Spitze drehbar und trägt einen langen Zeiger.



Auch bei jeder Änderung der Zahl der im Glühlampenwiderstand L eingeschalteten Lampen entstehen in R_1 Induktionsströme, die das Gleichgewicht der Nadel stören.

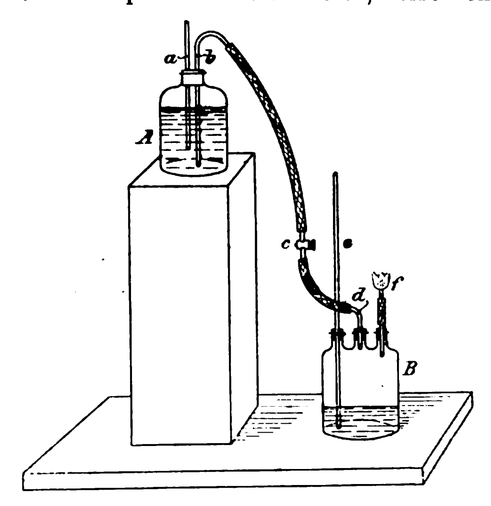
Acetylenlicht im Unterricht.

Von **Gottfried Erckmann** (Bingen a. Rh.).

Die Flamme des Acetylengasbrenners zeigt je nach dem Druck, unter dem das Gas ausströmt, eine ganz verschiedene Form und Beschaffenheit. Der günstigste Effekt wird erzielt, wenn der Druck etwa 12 cm beträgt. Dann gleicht die Flamme der Flamme des Leuchtgasschnittbrenners und brennt hell und rufsfrei. Wird der Druck geringer, so verliert die Flamme an Umfang und Leuchtkraft. Wird derselbe dagegen gröfser als jener günstigste Druck, so streckt sich die Flamme und fängt an zu rufsen. Bei noch stärkerem Druck hört das Rufsen wieder auf, die Flamme wird wieder breit und sehr hell, ihre Oberfläche liegt jedoch jetzt nicht mehr in einer Ebene, sondern ist wellenförmig gekrümmt infolge von Wirbelbewegungen der beiden aus den zwei Brenneröffnungen austretenden Gasströme. Es ist deshalb für die Demonstration des Acetylengaslichts im Unterrichte von Wert, einen Apparat zu besitzen, der es erlaubt, den Druck jederzeit bequem und rasch zu ändern, und gleichzeitig es ermöglicht, denselben für die Dauer des Versuchs auf einer beliebigen, genau messbaren Höhe constant zu erhalten.



Eine grofse Flasche A (etwa 5 l haltend) wird mit Wasser gefüllt und auf einen erhöhten Standpunkt (eine hohe Kiste) gestellt. Die Flasche wird mit doppeltdurchbohrtem Gummistopfen fest verschlossen, dessen eine Bohrung die gerade Glasröhre *a* trägt, während durch die andere Bohrung der lange Schenkel eines knieförmig gebogenen Glasrohrs geht. Der kurze Schenkel trägt einen langen Gummischlauch, in dessen Verlauf der Glashahn *c* eingeschaltet ist und dessen unteres Ende in die mittlere Tubulatur der Woulfschen Flasche *B* führt. Von den beiden seitlichen Tubulaturen trägt die eine einen Gummistopfen mit eingesetzter 60—80 cm langer, gerader, als Manometer dienender Glasröhre *e*, die andere einen Gummistopfen mit kurzer Glasröhre, auf die ein kurzer Gummischlauch, der den Acetylengasbrenner *f* trägt, aufgesteckt ist. — Flasche A stellt eine sogenannte Mariottesche Flasche, die Rohr- und Schlauchverbindung *bcd* einen Heber mit constanter Ausflufsgeschwindigkeit, Flasche *B* endlich ein Gasreservoir (Gasometer) dar.



Man füllt zunächst den Heber *bcd*, indem man, bei geöffnetem Hahn *c*, Luft durch die Röhre *a* einbläst, bis der Heber zu fliefsen beginnt. Hierauf schliefst man den Hahn *c* wieder und wendet sich der Füllung der Flasche *B* mit Acetylengas zu. Man füllt zu diesem Behufe die Flasche unter der Wasserleitung mit Wasser, wobei man die mittlere und eine seitliche Öffnung mit massivem Kork- oder Gummistopfen verschliefst. Die verkehrt unter das Wasser der pneumatischen Wanne gebrachte Flasche stellt man auf die Brücke, führt das Rohr eines kleinen Glastrichters in den einen seitlichen Tubulus ein und bringt einen langstieligen eisernen Löffel, in den man einige Stückchen Calciumcarbid eingeworfen hat, gerade unter die Mündung des Trichters, sodafs das sich entwickelnde Acetylengas gezwungen ist, seinen Weg in die Woulfsche Flasche zu nehmen. Legt man den Stiel des Löffels in geeigneter Weise auf den Rand der pneumatischen Wanne, so vollzieht sich die Füllung der Flasche ganz automatisch. Die vollkommen gefüllte Flasche wird unter Wasser wieder verschlossen, aus der Wanne herausgehoben und zum Gebrauch fertig gemacht. Dreht man jetzt den Wasserhahn auf, so strömt das Wasser aus dem oberen Gefäfs in die Flasche ein und verdichtet das Gas. Das verdichtete Gas strömt zu den beiden feinen Brenneröffnungen aus und läfst sich daselbst entzünden. Durch Senken und Heben der Flasche läfst sich leicht eine Stellung finden, in der das Gas rufsfrei brennt und seine Flamme die bekannte Form der Schnittbrennerflamme besitzt. In dieser Höhe stellt man die Flasche durch untergeschobene Holzklötzchen fest. Das Gas wird dann mit unveränderter Flamme bis zu Ende brennen. Der Druck, unter dem das Gas ausströmt, läfst sich am Manometerrohr mit Hülfe eines daneben gehaltenen Mafsstabes abmessen. Dieser Druck ist beträchtlich kleiner als der Druck, unter dem das Wasser aus dem Heber ausströmen würde, wenn der letztere direkt in die Atmosphäre ausmündete. Bei Beginn des Versuches, doch vor Öffnung des Wasserhahnes, steht das eingeschlossene Gas unter Atmosphärendruck. Öffnet man nun den Wasserhahn, so strömt das Wasser im ersten Augenblick mit demselben Druck in die Flasche, mit dem es auch in die Atmosphäre ausströmen würde. Wäre nun die Brenneröffnung so weit als die Hebermündung, so würde in der Flasche keine Verdichtung eintreten, das Gas würde vielmehr unter Atmosphärendruck ausströmen, und der Heber würde seine Ausflufsgeschwindigkeit nicht ändern. Da jedoch die Brenneröffnung im Vergleich zur Heberöffnung sehr klein ist, so können in der Zeiteinheit nicht ebensoviel ccm Gas ausströmen, als ccm Wasser in die Flasche einfliefsen. Das Gas erleidet folglich eine Verdichtung. Diese Verdichtung bewirkt aber erstens ein langsameres Fliefsen des Hebers, da statt des Atmosphärendrucks ja jetzt ein gröfserer Druck in der Flasche herrscht, zweitens



aber ein rascheres Ausströmen des Gases aus der Brennermündung. Der Druck in der Flasche mufs so lange wachsen, bis durch die fortdauernde Verminderung der Ausflufsgeschwindigkeit des Wassers und die fortwährende Vergröfserung der Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases ein Zustand herbeigeführt wird, bei dem in der Zeiteinheit gerade so viel ccm Gas aus der Flasche ausströmen, als ccm Wasser einfliefsen. Von da an geschieht der Ausflufs des Gases unter constantem Druck, so lange die Flasche in ihrer Lage verbleibt. Der Druck in der Flasche kann an dem Manometerrohre abgelesen werden. Senkt oder hebt man die Flasche, so stellt sich nach kurzer Zeit ein neuer Gleichgewichtszustand her. Als günstigsten Anfangsheberdruck fand ich bei meinem Apparat einen Druck von 30 cm; dann betrug der Druck in der Flasche (der Manometerdruck) nach dem Eintritt des stationären Zustandes etwa 12 cm. Das Gas strömte unter diesen Umständen unter einem Überdruck von 12 cm Wasserhöhe in die Atmosphäre aus, das Wasser also unter einem Druck von 18 cm in die Woulfsche Flasche ein.

Bei obiger Betrachtung wurde die Absorption des Acetylengases durch das Wasser unberücksichtigt gelassen (Bunsenscher Absorptionskoëffizient für Acetylen gegenüber Wasser = 1). Zieht man diese in Betracht, so wird offenbar eine in der Flasche etwa stattfindende Absorption des Gases durch das einströmende Wasser druckvermindernd wirken, also denselben Erfolg haben wie eine Vergröfserung der Brenneröffnung, im übrigen wird sich aber auch hier ein Gleichgewichts- oder stationärer Zustand herstellen müssen, bei dem allerdings der Druck in der Flasche etwas geringer ausfallen wird.

Es empfiehlt sich für den Unterricht, die Woulfsche Flasche auch einmal mit gewöhnlichem Leuchtgas anstatt mit Acetylen zu füllen, um den Schülern zu zeigen, dafs das Leuchtgas bei einem genügend hohen Drucke aus dem Acetylengasbrenner mit blauer, entleuchteter Flamme brennt und um darauf hinzuweisen, dafs das verschiedene Verhalten des Leuchtgases und des Acetylengases durch den höheren Kohlenstoffgehalt des Acetylengases bedingt wird.

Um die physikalische Wirkungsweise des Apparates darzuthun, genügt es, eine leere, d. h. mit atmosphärischer Luft gefüllte Woulfsche Flasche zu benutzen. Quetscht man dann den kurzen Gummischlauch unter dem Brenner zusammen, so steigt der Druck im Manometer bis (nahezu) zum Anfangsheberdruck; beim Freigeben des Schlauches stellt sich der stationäre Zustand von oben herab wieder her. Schliefst man dagegen den Glashahn, so sinkt der Manometerdruck auf Atmosphärendruck herab; öffnet man den Hahn wieder, so stellt sich der stationäre Zustand von unten herauf wieder her.

Für die Praxis.

Einfache Methode, den Verlauf der Kraftlinien zu zeigen. Von **Dr. Bermbach**, Münstereifel.

1. Man magnetisiere eine Stricknadel und befestige sie an einem ca. 1 m langen Faden so, dafs die Nadel vertikal hängt und ihr unteres Ende etwas von der Tischplatte entfernt ist. Wenn die Nadel ruhig hängt, halte man sie fest und lege einen Magnetstab so auf den Tisch, dafs seine Mittelebene ungefähr durch die Nadel hindurch geht. Nähert man nun das untere Ende der Nadel, das ein Nordpol sei, dem Nordpole des Magneten und lässt dann die Nadel los, so wandert das Ende der Nadel nach dem Südpole des Magneten und beschreibt eine Kraftlinie. Da die Nadel aus leicht ersichtlichen Gründen den Nordpol des Magneten nicht berühren darf, so halte man zwischen die beiden Nordpole ein ca. 1 cm dickes Brettchen. Die Kraftlinie, die der Nordpol der Nadel beschreibt, wird besser sichtbar, wenn die Nadel in der Ruhelage ungefähr 1 bis 2 cm von dem Magnetstabe absteht. Man sieht bei den Versuchen, dafs die Pole des Stabmagneten nicht an den Enden liegen (vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl., Band III, S. 25).

2. „Die Kraftlinien eines geraden Stromleiters sind Kreise. Ein freier Pol würde daher um den Stromleiter rotieren.“ Man biege einen dicken Draht so, dafs er die Gestalt einer eckigen Klammer [erhält und befestige ihn so, dafs das vertikale Stück des Drahtes der ruhenden magnetischen Nadel parallel läuft und einen kleinen Abstand von ihr hat. Schickt



man durch den Draht einen starken Strom, etwa von 10 Ampère, so sieht man, dafs der Nordpol der Nadel das Bestreben hat, einen Kreis zu beschreiben. Kehrt man die Stromrichtung um, so ändert sich der Drehungssinn der Nadel.

Bei Benutzung der Centrifugalmaschine gelingt es leicht, die Nadel einige Male um den vertikalen Stromleiter rotieren zu lassen.

Die Anregung zu den beschriebenen einfachen Versuchen gab die Betrachtung der Fig. 3 in G. Kapp, Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom (Julius Springer 1899).

Es sei noch der Hinweis gestattet, dafs man Kraftlinienpräparate mittels Eisenpulver mit Hilfe von Röntgenstrahlen in einfachster Weise photographieren kann. Es genügt eine kurze Expositionszeit. Stellt man ein Diapositiv her und projiziert man dieses, so erhält man ein Bild, das dem Präparate täuschend ähnlich sieht (vgl. auch d. Zeitschr. *XII 317*).

Eine neue Art der Entzündung des Blitzpulvers. Von **G. Erckmann** in Bingen a. Rh. Blitzlichtaufnahmen lassen sich bekanntlich auch ohne Zuhülfenahme eines besonderen Blitzlichtapparates (Pustlampe oder Blitzlampe) in der Weise ausführen, dafs man ein Gemenge von Magnesiumpulver mit einem Sauerstoff abgebenden Körper (chlorsaurem oder übermangansaurem Kalium) auf einem Teller bandförmig ausbreitet und mit Hülfe eines besonderen Zünders zur Verpuffung bringt. Als Zünder benutzt man in der Regel einen mit Salpeter imprägnierten Papierstreifen. Angeregt durch die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Versuche Ohmanns über Zündung von pulverförmigen Metallen durch die glühende Stricknadel (ds. Zeitschr. *X 169*, *XI 226*), versuchte ich, auch die Zündung des Blitzpulvers mit Hülfe der glühenden Nadel zu bewerkstelligen. Als Sauerstoff abgebende Substanz wählte ich übermangansaures Kali (Chamäleon), das vor dem chlorsauren Kali aus verschiedenen Gründen (leichtere Zündbarkeit des Gemisches und gröfsere Unempfindlichkeit desselben gegen Reibung) den Vorzug verdient. Die Bereitung des Gemenges geschieht durch Mischen von 2 g Magnesiumpulver und $1\frac{1}{2}$ g feingepulverten Kaliumpermanganats mit Hülfe einer Federfahne. Man kann sich die Herstellung der Mischung erleichtern, wenn man sich einmal 2 g Magnesiumpulver genau abwägt, dann das Pulver in ein trocknes Reagenzrohr einschüttet und mit einem Feilstrich (bezw. einem gummierten Papierstreifchen) den Stand des Pulvers markiert. Für spätere Fälle hat man dann nur nötig, das Reagenzröhrchen bis zur Marke mit Magnesiumpulver aufzufüllen. Die zugehörige Menge Permanganatpulver erhält man in einfachster Weise, indem man (nach der Entleerung des Magnesiumpulvers) in dem geaichten Probierrohr gleichfalls bis zur Marke auffüllt. Das in einer Porzellanschale gut durcheinander gerührte Gemisch breitet man auf einem mit einer Asbestplatte bedeckten flachen Porzellanteller in einer schmalen Linie aus. Während nun Magnesium für sich allein sich durch die glühende Stricknadel entzünden läfst, gelingt dies nicht bei dem Gemische. Ich war deshalb gezwungen, mich nach einem passenden Zwischengliede umzusehen, das so beschaffen sein mufste, dafs es mit einer verhältnismäfsig niedrigen Entzündungstemperatur eine hohe Verbrennungswärme verband. Ich fand, dafs der Schwefel die geeignete Substanz sei[1]). Ein höchstens linsengrofses Stückchen Schwefel drückt man als Zünder in die Mitte des schmalen Blitzpulverstreifens ein, so dafs der Schwefel nur ein klein wenig aus dem Pulver heraussieht. Die Stricknadel (die man passend in einen hölzernen Griff einfügt) bringt man zum Glühen, indem man sie in senkrechter Lage mit ihrer Spitze in die Flamme eines Spirituslämpchens oder auch einer Stearinkerze hält. Berührt man mit der schwach rotglühenden Spitze das kleine in die Mischung eingedrückte Schwefelstückchen, so entzündet sich dasselbe und bringt im nächsten Moment durch seine Verbrennungswärme das Blitzpulver zur Explosion. Das übermangansaure Kali wird teils zu Mangansuperoxyd, teils zu (in wenig Wasser mit grüner Farbe löslichem) Kaliummanganat reduziert.

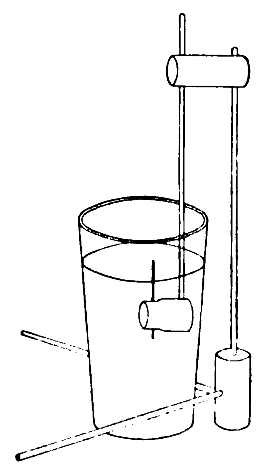
[1]) Als sonst brauchbare und momentan wirksame Substanz für Uebertragung der Entzündung mittels der glühenden Nadel hat sich ein Gemisch von Eisenpulver und Kaliumchlorat (vergl. ds. Zeitschr. *XI 135*) erwiesen. (*Anm. der Red.*)



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ausdehnung fester Körper durch die Wärme. In der *Nature* (*60*, *149*; *1899*) beschreibt Horace Darwin folgende einfache Vorrichtung zum Nachweise der Ausdehnung der Metalle durch die Wärme. Ein Kork ruht auf dem Tische und wird durch zwei wagrecht hineingesteckte Stricknadeln standfest gemacht. Eine dritte Nadel ist lotrecht in den Kork gesteckt und trägt einen zweiten Kork an der Spitze. Eine vierte durch diesen Kork gehaltene Stricknadel taucht lotrecht in ein Glas mit Wasser und trägt an ihrem unteren Ende einen dritten Kork, durch den eine Nähnadel senkrecht nach oben so gesteckt ist, dafs die Spitze gerade aus dem Wasserspiegel herausragt. Erwärmt man die in das Wasser tauchende Stricknadel mit einem Streichholz, so verschwindet die Nadelspitze unter den Wasserspiegel, erhitzt man dann die andere lotrechte Stricknadel, so taucht die Nadelspitze wieder empor. Diese kleinen Bewegungen kann man durch Beobachten des Spiegelbildes eines glänzenden Gegenstandes in dem Wasserspiegel leicht erkennen. Die Vorrichtung Darwins läfst sich leicht so umgestalten, dafs man die Erscheinung auch projizieren kann. *H.-M.*



Gleichzeitig gefrierendes und siedendes Wasser. R. W. Quick beschreibt in der *Phys. Rev. 9, 121; 1899* (*Deutsche Mechaniker-Zeitung 1899, S. 195*) folgenden Versuch. Man fülle eine $^1/_2$ bis 1 Liter fassende Flasche fast ganz mit Wasser und erhitze es längere Zeit, bis die siedende Flüssigkeit ganz luftfrei ist. Dann verschliefse man die Flasche schnell mit einem Gummistopfen und kehre sie um. Begiefst man sie nun mit kaltem Wasser, so tritt das bekannte Sieden des Wassers unter vermindertem Drucke ein. Giefst man dann über die Flasche Äther, dem man gröfsere Mengen fester Kohlensäure zugesetzt hat, so tritt zum Sieden unter vermindertem Drucke gleichzeitig das Gefrieren des Wassers hinzu. *H.-M.*

Ein Polarisationsversuch. In der *Nature* (*60*, *8*; *1899*) beschreibt J. Cook eine einfache Anordnung, durch die er die Interferenzfarben von Glimmer und Krystallblättchen mit einem einzigen Satz Glasplatten, der zugleich als Polarisator und Analysator dient, untersucht oder auf einem Schirme darstellt. Es läfst einen Lichtstrahl von dem Glassatze so nach unten zurückwerfen, dafs er in der Reflexionsebene polarisiert wird, dann durch einen doppelbrechenden Krystall zerlegen und von einem gewöhnlichen Spiegel unterhalb des Krystalles so zurückwerfen, dafs er durch den Satz geht, der ihn nun durch Brechung in einer Ebene, die senkrecht zur Ebene der ersten Polarisation steht, polarisiert. Benutzt man Sonnenlicht und schaltet man eine Convexlinse ein, so kann man die Interferenzringe der Krystallblättchen auf einen Schirm projizieren. *H.-M.*

Objektive Darstellung der Hysteresis-Kurven. F. Braun (d. Zeitschr. *X 193*) hatte zuerst den glücklichen Gedanken, Kathodenstrahlen zur Untersuchung von Wechselströmen und magnetischen Wechselfeldern zu benutzen. Bei der Wiederholung einiger Braunscher Versuche fand Knut Ångström (*Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1899, No. 4, p. 251*) einfache Anordnungen, die die Hysteresis-Kurven bei Eisen und Stahl sehr gut objektiv darzustellen gestatten. Die erste von ihm benutzte Anordnung zeigt Fig. 1. Die vier Spulen S, S_1, M und M_1 sind um das Diaphragma der Braunschen Röhre befestigt. Die Abmessungen der Spulen sind für S und S_1: Länge 2 cm, äufserer Durchmesser 1,6 cm, innerer Durchmesser 0,5 cm, Drahtstärke 0,3 mm; für M und M_1: Länge 20,5 cm, 30 Windungen auf jeden

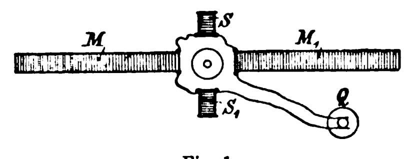


Fig. 1.

cm. S und S_1 sind auf Holz und M und M_1 auf Glasröhren gewickelt. Der aus Q entnommene Strom durchläuft nacheinander diese vier Spulen, und zwar die Indikatorspulen S und S_1 so, dafs er deren magnetische Wirkung auf die Diaphragmaöffnung verstärkt, und die Magnetisierungsspulen M und M_1 so, dafs er deren Wirkung aufhebt. Die von S und S_1 bewirkten Ablenkungen in wagerechter Richtung sind der Stromstärke und also auch der magnetisierenden Kraft proportional. Führt man einen Eisenstab in eine der Magnetisierungsspulen ein, so wird dadurch der Lichtfleck in lotrechter Richtung mit einer dem induzierten Magnetismus proportionalen Kraft abgelenkt, d. h. der Lichtfleck durchläuft eine wahre Hysteresiskurve. Bei der anderen Anordnung schob Ångström die beiden Indikatorspulen S und S_1 ein wenig nach vorn und nach hinten und stellte die Magnetisierungsspulen M und M_1 parallel und in gleichen Abständen von dem Diaphragma, wie aus Fig. 2 ersichtlich, auf. Die Wirkung des Stromes und des Magnetismus ist ebenso wie bei der ersten Anordnung. Bei ziemlich rasch wechselnden Strömen läfst sich die Bewegung des Lichtflecks leicht mit den Augen verfolgen.

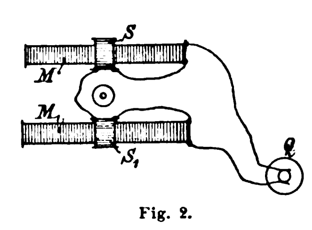


Fig. 2.

Für genaue Messungen und bei langsam durchlaufenem Magnetisierungscyklus ist die photographische Aufnahme vorteilhaft. Als Stromquelle benutzte Ångström eine Akkumulatorenbatterie und veränderte die Stromstärke und magnetisierende Kraft zwischen den gewünschten Grenzen durch Einschalten von Flüssigkeitswiderständen und Kommutieren. Den Wechselstrom entnahm er einer kleinen Siemensschen Wechselstrommaschine mit Handbetrieb, deren Wechselzahl er zwischen 20 und 60 verändern konnte. Die gröfste Stromstärke hielt er bei allen diesen Versuchen möglichst unverändert auf etwa 2 A. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Versuchen von Maurain (*Ann. de Ch. et de Ph. (6) 14, 208; 1898*) und Wien (*Wied. Ann. 66, 859; 1898*). Eine sehr beachtenswerte Änderung der oben erwähnten Versuche erhält man, wenn man in die beiden Magnetisierungsspulen Eisen einschiebt. Man bekommt dann Differenzkurven, die abhängig sind von der verschiedenen Permeabilität und Hysteresis der Proben und von der verschiedenen Stärke und Phasendifferenz der darin entstehenden Foucaultschen Ströme. Man hat also ein einfaches und brauchbares Verfahren, die magnetischen Eigenschaften von Eisenproben mit einander zu vergleichen. Schiebt man in die beiden Magnetisierungsspulen zwei ganz ähnliche Stäbe aus Eisen derselben Beschaffenheit, so heben sich ihre Wirkungen gegenseitig auf und der Lichtfleck macht wagerechte und geradlinige Schwingungen, als wenn kein Eisen in den Spulen wäre. Sind die Stäbe von ungleicher Beschaffenheit, so erhält man eine mehr oder weniger ausgeprägte Differenzkurve. *H.-M.*

Eine Faltmaschine für geologische Versuche beschreibt G. A. Lebour in der *Nature* (*60, 411; 1899*). Die Maschine besteht aus zwei parallelen Holzwalzen, die etwa 90 cm von einander entfernt sind. Jede ist etwa 30 cm lang und 10 cm dick. Eine Welle, die zu deren Achsen senkrecht steht, dreht die beiden Walzen mittels konischer Zahnräder in entgegengesetzten Richtungen. Ein Schneckenradgetriebe, dessen Schraube mit einer Kurbel bewegt wird, dreht die Welle. Eine Umdrehung der Kurbel bewirkt nur $^1/_{48}$ Umdrehung der Welle und der Walzen, so dafs man den letzteren eine lehr langsame Bewegung erteilen kann. Ein etwa 8 mm dickes Kautschukblatt ist mit Nute und eingeschraubter Stange fest an jeder Walze befestigt. Die Walzen werden einmal umgedreht und so der Kautschuk straff gespannt, und nun Schichten von Zeug, Thon, Teig u. dergl. darauf gelegt. Dann dreht man die Kurbel in entgegengesetzter Richtung und entspannt so den Kautschuk. Man beobachtet dabei, wie die Falten langsam wachsen; das breite elastische Band ahmt die Zusammenziehung eines Stücks der Erdkruste nach. Setzt man Gewichte auf die Schichten, so sieht man, dafs der Druck kleinere und zahlreichere Faltungen hervorruft. Legt man Stein- oder Holzblöcke statt der Gewichte auf die Zeuge, so kann man die Beziehungen zwischen Faltungen und Verwerfungen deutlich zeigen. Benutzt man Thon statt Zeug, so kann man alle Ergebnisse der bekannten Versuche von Favre (*Arch. d. Sciences Phys. et*



Nat. 1878) und viele der von Cadell, Bailey Willis und anderen beschriebenen Versuche erhalten. Durch einfache Abänderungen der Versuche vermag man viele bekannte Faltungsformen nachzuahmen und deren Folgen: Brüche, Verwerfungen u. s. w. zu veranschaulichen. *H.-M.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ein absolutes Mafs der Zeit. Bei einer Messung in absolutem Mafse ist die Mafseinheit von einer oder mehreren Mafseinheiten anderer Art abhängig und daraus herleitbar; bei einer Messung in willkürlichem Mafse dient eine willkürlich gewählte Gröfse gleicher Art als Mafseinheit. Die gewöhnliche, als Zeiteinheit gebrauchte Sekunde, der 86400. Teil der Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen der Sonne, ist eine willkürliche Mafseinheit, denn sie wird aus einem anderen Zeitbetrag und nicht aus Gröfsen anderer Art hergeleitet. G. Lippmann (*C. R. 128, 1137; 1899. Journ. de Phys. (3) 8, 401; 1899. Zeitschr. f. Instr. 19, 371; 1899*) hat die Gravitation benutzt, um ein absolutes Zeitmafs einzuführen. Bezeichnet man als Masseneinheit die Masse, deren Raum gleich einem Würfel mit der Längeneinheit als Kante und deren Dichte gleich Eins, etwa gleich der Dichte des Wassers bei 4° C. ist, so wählt Lippmann als Zeiteinheit die Zeitdauer, die die Masseneinheit gebrauchen würde, um einem Körper in der Entfernung Eins die Beschleunigung Eins, d. h. die der Längeneinheit gleiche Beschleunigung zu erteilen. Nimmt man als Längeneinheit das Centimeter, als Masseneinheit das Gramm, so ist nach dieser Festsetzung die Zeiteinheit gleich 3862 unserer gewöhnlichen Sekunden, also gleich $1^h\,4^m\,22^s$. Diese Zeiteinheit ist nicht abhängig von der gewählten Längeneinheit. Macht man mit Lippmann die Annahme, dafs Jemand an einen Punkt des Weltalls versetzt würde, von wo aus er die Umdrehung der Erde nicht zu beobachten vermag, so wird er doch die Dauer einer Sekunde finden können, wenn er so vorsichtig war, sich die Zahl $1/_{3862}$ zu merken und eine Flasche Wasser mitzunehmen. Vergifst er aber die Zahl, so kann er nur die absolute Zeiteinheit finden. *H.-M.*

Becquerelstrahlen. (Vgl. d. Zeitschr. *XII 295*). Besonders stark wirksame radioaktive Substanzen hat E. de Haen aus Uranerzen gewonnen (*Wied. Ann. 68, 902, 1899*). Die Substanzen wurden von F. Giesel einer genaueren Prüfung unterzogen (*Wied. Ann. 69, 92; 1899*). Die radiumhaltigen Barytsalze zeigten, wenn sie frisch aus Wasser krystallisiert waren, anfangs nur geringe Aktivität, die aber im Laufe von Tagen und Wochen bis zu einem Maximum zunahm. Eine Lösung des aktiven Chlorids in Wasser giebt anfangs dieselbe Strahlung wie das feste Salz, diese nimmt aber immer mehr ab und verschwindet schliefslich vollständig. Die aus der Lösung erhaltenen Krystalle gewinnen ihre Aktivität bald wieder. Die ersten Krystallisationen aller radiumhaltigen Salze, die aus möglichst conzentrierter Mutterlauge erhalten werden, sind am wirksamsten. Die Phosphorescenz tritt besonders stark bei dem Bromid auf, aber nur in der Kälte, während sie in der Hitze verschwindet. In feuchter Luft hört sie ebenfalls auf. Je stärker die Phosphorescenz eines Präparats, um so geringer scheint die Becquerelstrahlung zu sein. Das grüne Doppelsalz von Baryumplatincyanür geht durch Einwirkung der eigenen Phosphorescenzstrahlen in die gelbe und braune Modifikation über und ist dann nur durch erneute Krystallisation wieder herstellbar.

Auch die poloniumhaltigen Substanzen hat F. Giesel untersucht; er erhielt durch Schwefelwasserstoff einen Niederschlag, der an Wirksamkeit das beste Baryumpräparat übertrifft. Ebenso wirksam ist das aus jener Verbindung dargestellte Chlorid, sowie das aus letzterem gewonnene freie Metall. Die Art der Wirkung der Radiumstrahlen und der Poloniumstrahlen ist sehr verschieden. Die ersteren durchdringen z. B. einen Silberthaler, die letzteren werden, obwohl sie intensiver sind, schon von viel dünneren Metallplatten zurückgehalten. Das Schattenbild der Hand erscheint daher durch Poloniumstrahlen viel contrastreicher. — Die Beobachtungen von Herrn und Frau Curie über die beiden Substanzen konnte Verf. nur bestätigen.

Den Einfluſs der Temperatur auf die Strahlungsintensität untersuchte O. Behrendsen (*Wied. Ann. 69, 220; 1899*). Derselbe stellte zuerst fest, daſs die von der Pechblende ausgehenden Strahlen ebenso wie die Röntgenstrahlen auf einer Fluſsspatplatte Fluorescenz zu erregen vermögen. Zu den thermischen Versuchen benutzte er auſser einigen Stücken Joachimsthaler Pechblende eine Substanz, die sich beim Glühen von gepulvertem Uranpecherz an dem Deckel des Gefäſses niederschlägt und die er mit X-Sublimat bezeichnet. Diese sehr wirksame Substanz enthielt wohl beide Curieschen Stoffe, Radium und Polonium. Die Strahlungsintensitäten von Uranmetall, Pechblende und X-Sublimat verhielten sich wie 1 : 8,47 : 52,24.

Zur Untersuchung der Intensität der Strahlung bei verschiedenen Temperaturen benutzte der Verf. ihre entladende Wirkung, indem er die Zeit maſs, welche verfloſs, bis die Blättchen eines Elektroskops um einen Teilstrich einer Skala unter dem Einflusse der Strahlung zusammengingen. Das Elektroskop stand in einem Kasten, in dessen Deckel eine kleine Öffnung war; auf dieser Öffnung lag die radioaktive Substanz, die durch besondere Einrichtungen erwärmt und abgekühlt werden konnte. Die Wirkung der Convektion der Luft auf die Entladung war bei dieser Anordnung nur gering. Als Resultat seiner Untersuchungen fand der Verf., daſs bei Uranpecherz und bei X-Sublimat ein Einfluſs der Temperatur auf die Strahlung sehr deutlich hervortritt: bei Abkühlung auf — 50° bis — 60° Verminderung, bei Erwärmung auf 100° bis 130° Erhöhung der Intensität. Beim Rotglühen geht die Strahlung wieder zurück. Uranmetall zeigte auch eine Abnahme der Strahlung bei tiefen Temperaturen, während eine Erhöhung bei Erwärmung wegen der hier auftretenden Convektionswirkungen sich nicht sicher beobachten lieſs.

Daſs unter dem Einfluſs der Becquerelstrahlen auch andere Körper die gleiche Strahlungsfähigkeit erhalten können, fanden Herr und Frau Curie (*C. R. CXXIX, 714; 1899*). Auf einer horizontalen Fläche befindet sich in Pulverform die strahlengebende Substanz (Radium oder Polonium); darüber wird in einigen Millimetern Entfernung die zu prüfende Platte (irgend ein Metall, Papier etc.) befestigt. Von Zeit zu Zeit hebt man diese Platte ab und bestimmt ihr Strahlungsvermögen durch die Leitungsfähigkeit, die sie der Luft mitteilt. Man findet so, daſs die Platte ein Strahlungsvermögen erworben hat, das mit der Zeit der Exposition zunimmt, sich aber einer Grenze nähert. Wird die Platte aus dem Bereich der strahlenden Substanz entfernt, so bleibt ihre Fähigkeit mehrere Tage hindurch bestehen, nimmt dann aber, zuerst sehr rasch, dann langsamer ab.

Um die Erscheinung wahrzunehmen, muſs man sehr strahlungsfähige Substanzen anwenden. Die Verff. benutzten solche, die 5000 bis 50 000 mal wirksamer waren als das Uran; das unmittelbar nach der Exposition beobachtete „induzierte“ Strahlungsvermögen variierte zwischen dem 1- und dem 50-fachen des Urans, fiel aber in zwei bis drei Stunden auf den zehnten Teil des ursprünglichen Wertes. Die auf diese Weise geprüften Substanzen waren Zink, Aluminium, Messing, Blei, Platin, Wismuth, Nickel, Papier, Baryumkarbonat, Schwefelwismuth. Eine wesentliche Verschiedenheit unter ihnen war nicht festzustellen.

Die Verff. untersuchten ferner, ob nicht Spuren strahlungsfähiger Materie in Form von Dampf oder Staub sich auf der exponierten Platte niederschlügen. Wurden letztere mit Wasser abgewaschen, so behielten sie ihr Strahlungsvermögen. Brachte man ferner eine Menge kräftig strahlender Substanz in ein vollständig verschlossenes Metallgefäſs, dessen Boden aus einer sehr dünnen Aluminiumplatte bestand, so erhielten Platten, die diesen Boden von auſsen berührten, ein Strahlungsvermögen, das 10 bis 17 mal so groſs war wie das des Urans. Hier kann offenbar von einer materiellen Übertragung der Strahlungsfähigkeit nicht die Rede sein. Die kräftigsten Wirkungen des induzierten Strahlungsvermögens — mehrere Hundertmal so groſs wie das des Urans — erhält man, wenn man die stark strahlende Substanz direkt auf die induzierende Platte legt. Zwischen den induzierten Becquerelstrahlen und den sekundären Röntgenstrahlen besteht der Unterschied, daſs diese nach Entfernung der primären Strahlung sofort aufhören, jene fortdauern.



In einer anderen Arbeit bestimmte Frau S. Curie das Atomgewicht des in dem strahlenden Baryumchlorür enthaltenen Metalls. Dabei stellte sich heraus, dafs dieses Atomgewicht gröfser ist als das des gewöhnlichen Baryums und dafs der Unterschied beider mit der Strahlungsfähigkeit a der Substanz zunimmt. War $a = 3000$ (die Strahlungsfähigkeit des Urans $= 1$ gesetzt), so war das Atomgewicht $m = 140$ ($Ba = 138{,}1$); für $a = 4700$ wurde $m = 140{,}9$; für $a = 7500$ war $m = 145{,}8$. Für kleinere Werte von a war noch kein Unterschied zwischen m und Ba zu bemerken.

Dafs die Becquerelstrahlen auch chemische Wirkungen hervorrufen, wird von Herrn und Frau Curie ebenfalls gezeigt (*C. R. CXXIX, 823*). Wenn man die strahlende Substanz in einem verschlossenen Fläschchen aufbewahrt, so bemerkt man beim Öffnen einen deutlichen Ozongeruch. Ein mit Jodkaliumkleister bestrichenes Papier wird leicht gefärbt. Die Färbung wird dunkler, wenn man das strahlende Chlorbaryum mit dem Papier in Berührung bringt; gewöhnliches Chlorbaryum zeigt nicht die mindeste Wirkung. Die Strahlen verwandeln also den Sauerstoff in Ozon. Die hierfür zu benutzende Substanz mufs eine grofse Strahlungsfähigkeit besitzen. Die Verff. bemerkten auch eine färbende Wirkung der Becquerelstrahlen auf Glas. Ein Glasfläschchen, in dem ein Radiumsalz 10 Tage lang aufbewahrt wurde, zeigte eine violette Färbung, die sich sogar in das Innere des Glases fortzusetzen schien. Bei einer sehr aktiven Substanz erschien das Glas an der von ihr berührten Stelle, von der Seite gesehen, fast schwarz; nach dem Innern zu nahm die Färbung an Intensität ab und erschien in einigen Millimetern Tiefe violett. Das Baryumplatincyanür wird unter dem Einflufs der Radiumstrahlen gelb, zuletzt braun und fluoresziert dann weniger leicht; im Sonnenlicht erhält es die ursprünglichen Eigenschaften wieder. Dieselbe Einwirkung zeigen nach den Beobachtungen Villards die Röntgenstrahlen.

Läfst man Baryum- und Radiumchlorür aus einer gesättigten Lösung auskrystallisieren, so sind die Krystalle zuerst farblos, erhalten aber bald eine rosa Färbung, die um so rascher entsteht und um so intensiver ist, je mehr Radium das Salz enthält. Die Zunahme der Strahlung ist von einer Zunahme der Färbung begleitet. Trockenes Baryum- und Radiumchlorür ist zuerst weifs, wird aber allmählich gelb. Wahrscheinlich werden diese Färbungen durch die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Baryumsalze hervorgerufen. Da die Umwandlung von Sauerstoff in Ozon Energie erfordert, so ist sie ein Beweis dafür, dafs die Strahlung einen continuierlichen Verbrauch von Energie darstellt.

Wie Giesel mitteilt (*Verhdl. d. Deutsch. Phys. Ges. 1900, S. 9*), ist die braune Färbung des Baryumplatincyanürs nur an einem Haufen von Krystallen zu beobachten. Der einzelne Krystall bleibt hellgelb, zeigt aber im durchgehenden Licht mit dem Nicol betrachtet in einer Lage citronengelbe, bei Drehung des Nicols um 90° blutrote Farbe. Bei Kreuzung zweier Krystalle wird daher nur braunrotes Licht durchgelassen. — Steinsalz oder Bromkalium nehmen unter dem Einflufs der Radiumstrahlen dieselben Färbungen an wie durch Kathodenstrahlen.

Das Spektrum des Radiums ist von Demarçay genauer untersucht worden (*C. R. CXXIX, 716; 1899*). Die dazu benutzte Probe hatte ein 70000 mal so grofses Strahlungsvermögen als Uran. In dem Spektrum bemerkte man aufser den sehr sehr deutlich auftretenden Baryumlinien und einigen von den Elektroden und schwachen Verunreinigungen herrührenden Linien eine Reihe ganz neuer Linien, von denen mehrere ebenso hell wie die hellsten des Baryums sind. 15 dieser Linien zwischen $\lambda = 5000$ und $\lambda = 3500$ wurden nach ihrer Lage und Helligkeit genau bestimmt; zu ihnen kommen noch etwa 10 schwächere, deren Bestimmung unsicher blieb. Die helleren Linien erinnern in ihrem Aussehen an die Linien des Baryums.

Eine Einwirkung der Becquerelstrahlen auf elektrische Funken und Büschel beobachteten Elster und Geitel (*Wied. Ann. 69, 673; 1899*). Die zwischen der kugelförmigen Anode und der scheibenförmigen Kathode einer Influenzmaschine übergehenden Funken und Büschel verschwinden sofort, sobald man ihnen ein Radiumpräparat nähert; im Dunkeln sieht man, dafs durch die Einwirkung der Strahlen die Funken- oder Büschelent-



ladung in eine Glimmentladung übergeht. Durch Vorsetzen eines Bleischirms kann die erste Entladungsform wiederhergestellt werden. Nimmt man als Kathode eine Kartonscheibe von 25—30 cm Durchmesser, so wirkt die Strahlung schon in mehr als 1 Meter Entfernung und auch dann, wenn das Radiumpräparat sich hinter der Kartonscheibe befindet, da diese für Becquerelstrahlen fast völlig durchlässig ist. Das Material der Kathodenscheibe ist ganz beliebig. Doch gelingt der Versuch nicht, wenn die Scheibe Anode, die Kugel Kathode ist. Ersetzt man die Becquerelstrahlen durch Röntgenstrahlen, so bleibt jede Wirkung aus. Das dürfte an der Intermittenz der Strahlungsquelle liegen, wie denn auch eine intermittierende Quelle ultravioletten Lichts unwirksam bleibt.

Auf die Schlagweite der Induktionsfunken wirken die Becquerelstrahlen ebenfalls ein. Eine empfindlich eingestellte passive Funkenstrecke, die von dem Radiumpräparat durch einen Bleischirm getrennt ist, beginnt sofort mit dem Funkenspiel, wenn man den Bleischirm fortzieht. Hier braucht nur die zwischen den Elektroden liegende Luftschicht von den Strahlen durchsetzt zu werden, während das Material der Elektroden gleichgiltig ist.

Die durch Strahlen des Radiums erzeugten Phosphorescenzerscheinungen wurden von Becquerel untersucht (*C. R. CXXIX, 912; 1899*). Die phosphoreszierenden Stoffe befanden sich in Pulverform auf Glimmerblättchen befestigt. Nähert man ihnen auf einige Millimeter Entfernung den strahlenden Körper, so leuchten die Substanzen, die auch unter dem Einfluſs ultravioletter oder Röntgenstrahlen phosphoreszieren; dagegen wurden die nur im gewöhnlichen Licht phosphoreszierenden durch die Radiumstrahlen nicht beeinfluſst. Indessen war die Einwirkung der letzteren auf viele Stoffe doch auch wieder von der Einwirkung der Röntgenstrahlen verschieden. Eine photometrische Messung des von den Radiumstrahlen erzeugten Phosphorescenzlichtes ergab, daſs die Intensität etwas rascher abnimmt als das umgekehrte Quadrat der Entfernung, was auf eine Absorption durch die Luft schlieſsen läſst. Diese Absorption ist verschieden für die besondere Strahlung jeder einzelnen Substanz. Auch Schirme, die zwischen den strahlenden und den phosphoreszierenden Körper gestellt wurden, schwächten die Phosphorescenz in sehr verschiedener Weise. Zur Erklärung dieser Erscheinung muſs man annehmen, daſs die Phosphorescenz jedes Körpers durch eine besondere Strahlung erregt wird, dass also die Strahlung der radioaktiven Substanzen zusammengesetzt ist aus Strahlungen verschiedener Natur, die — analog den Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge — durch ihre Absorption charakterisiert sind.

Bei einigen Mineralien dauert die durch das Radium erregte Phosphorescenz längere Zeit an; so bleibt diese bei Fluſsspat noch 24 Stunden nach Entfernung der Erregungsquelle sichtbar. Der natürliche Fluſsspat wird beim Erwärmen phosphoreszierend, verliert nach einmaliger Erwärmung diese Eigenschaft, erhält sie aber durch Einwirkung ultravioletten Lichtes und des elektrischen Funkens wieder. Dasselbe bewirken auch die Strahlen des Radiums. Stücke inaktiv gemachten Fluſsspats werden durch diese Bestrahlung sofort fähig, bei Erwärmung zu leuchten, und zwar mit einem Licht, dessen Spektrum mit dem durch den elektrischen Funken hervorgerufenen durchaus übereinstimmt. Der Fluſsspat ist nach der Einwirkung des Radiums auch sehr befähigt, die Luft leitend zu machen; in einem Wasserbade verschwindet diese Fähigkeit, während die durch das Radium erworbene Phosphorescenz dadurch nicht merklich geändert wird.

Die Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen durch den Magneten wurde zuerst von F. Giesel nachgewiesen (*Wied. Ann. 69, 834; 1899*). Auf die Pole eines Hufeisenelektromagneten wurde ein Leuchtschirm gelegt; unter diesem befand sich in 1 cm Entfernung zwischen den Polen das Poloniumpräparat. Bei Erregung des Magneten wich der Lichtschein in einer zur Verbindungslinie der Pole senkrechten Richtung aus und zeichnete auf dem Schirm eine kometenschweifartige Figur, die bei Polwechsel auf die andere Seite übersprang. Brachte man das Präparat in gleiche Lage über den Schirm, so erfolgte die Verschiebung in entgegengesetztem Sinne. — Ein Radiumpräparat verhielt sich ähnlich, doch war die Erscheinung weniger deutlich. Auf einer photographischen Platte lieſs sich die Erscheinung fixieren; die strahlende Substanz wurde dabei in unmittelbare Nähe der mit schwarzem Papier



umhüllten Platte gebracht. Hierbei zeigte sich noch die Eigentümlichkeit, dafs die Strahlen in der Nähe der Substanz in der Ablenkungsrichtung wellig in S-förmig gewundenen Linien verliefen; es erinnert das an die Form der Aureole eines Induktionsfunkens zwischen Magnetpolen.

Die Einwirkung des Magnetfeldes auf die Strahlen des Poloniums und Radiums wurde auch von St. Meyer und E. R. v. Schweidler beobachtet (*Physikalische Zeitschrift No. 9 S. 90; No. 10 S. 113; 1899*). Die Verff. benutzten zu ihren Versuchen sowohl ein Präparat Giesels (Baryumradiumchlorid), als auch Radium- und Poloniumpräparate von Curie in Paris. Die entladende Wirkung der Strahlen erwies sich im magnetischen Felde als sehr geschwächt. Bei Erregung des Magneten stieg die Dauer der Entladung, je nachdem das Präparat unter oder zwischen den Polen sich befand, auf das 6 fache, oder auf das 20 fache der Zeit, die ohne Feld für die Entladung nötig war. Diese Zahlen gelten für das Gieselsche Präparat, während die Curieschen Präparate nur teilweise eine sehr geringe Entladungsverzögerung im Magnetfelde zeigten.

Aus weiteren Versuchen ging hervor, dafs das Magnetfeld nicht etwa das Emissionsvermögen des Radiums verändert, sondern dafs es die Strahlen ablenkt und dadurch ihre entladende Wirkung beeinflufst. Das radioaktive Präparat, das die Form eines Rechtecks hatte, wurde auf der Rückseite eines Baryumplatincyanürschirms befestigt und dieser so zwischen die Pole eines Magneten gebracht, dafs die Schirmebene den Kraftlinien parallel war. Fig. 1 giebt einen Schnitt senkrecht zur Feldrichtung; die nach A und B gehenden Strahlen werden bei Erregung des Magneten nach A_1 und B_1 umgebogen. Auf dem Schirm zeigte sich das in der Weise, dafs zu beiden Seiten des die Conturen des Präparats zeigenden Lichtflecks in einiger Entfernung helle Streifen auftraten, von denen der eine (bei A_1) durch einen oben hingelegten Bleiklotz, der andere (bei B_1) durch einen unter den Schirm gebrachten Bleiklotz beschattet werden konnte. Der Sinn der Krümmung ist derselbe wie der eines biegsamen Stromleiters, in dem ein negativer Strom im Sinne der Strahlen fliefst; die Strahlen verhalten sich also ganz analog den Kathodenstrahlen.

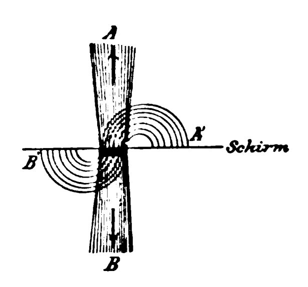


Fig. 1.

Bringt man das Präparat so an den einen Pol, dafs die Strahlen den Kraftlinien nahezu parallel gehen, so zeigt ohne Feld der auf dem andern Pol befindliche Schirm eine schwache gleichmäfsige Fluorescenz. Wird das Feld erregt, so bildet sich das Präparat ziemlich scharf auf dem Schirme ab; die Verbindungslinie von Objekt und Bild ist die Richtung der Kraftlinien. Die Verff. erklären das aus dem vorigen Versuch in der Weise, dafs die parallel den Kraftlinien gehenden Strahlen vom Magneten unbeeinflufst bleiben, die sie schneidenden dagegen zu Schraubenlinien um sie herumgewickelt werden.

Ähnliche Beobachtungen machte Becquerel (*C. R. CXXIX. 996: 1899*). Für Strahlen parallel zur Feldrichtung kam er zu denselben Ergebnissen; für Strahlen senkrecht dazu zeigte sich bei Benutzung einer photographischen Platte an Stelle des Leuchtschirms, dafs Meyer und Schweidler nur einen Teil der Erscheinung beobachtet hatten. Fig. 2 zeigt das auf der horizontalen Platte entstehende Bild, wenn diese sich zwischen den Polen + und — befindet und das radioaktive Präparat in der Mitte oben aufliegt. Man erblickt bei A den Platz der Strahlungsquelle, auf der einen Seite völlig getrennt davon einen dunkeln Streifen, dessen Maximum (bei B) in einer durch die Quelle senkrecht zu den Kraftlinien gezogenen Linie liegt; zu beiden Seiten dieses Maximums biegt der Streifen um und trifft die Pole beinahe normal zu deren Oberflächen. Meyer und Schweidler haben nur das Maximum des Streifens (bei B) beobachtet; doch ist die Erklärung dieser Verff., dafs der Eindruck von Strahlen herrührt, die oberhalb der Platte von dem Präparat ausgehen und durch

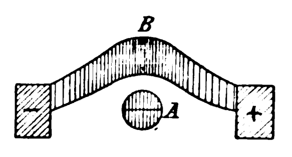


Fig. 2.

den Magneten zu ihr zurückgeführt werden, auch für den Becquerelschen Versuch zutreffend. Die unterhalb der Platte austretenden Strahlen müfsten auf der andern Seite der Strahlungsquelle einen symmetrischen Streifen erzeugen; doch werden diese Strahlen hier von dem zweimal zu durchdringenden Glase absorbiert und geben daher auf der Platte keinen Eindruck. Becquerel folgert aus seinem Versuch, dafs — bei Annahme einer punktförmigen Strahlungsquelle inmitten des Feldes — der Ort der gröfsten Wirkung der Strahlen auf einer Rotationsfläche liegt, deren Achse die durch die Quelle gehende Kraftlinie ist und deren Meridiankurve durch den oben beschriebenen Streifen bestimmt wird. Auf dieser Oberfläche findet die Fortpflanzung der Strahlung in Schraubenlinien statt, die sich drehen in der Richtung eines Kreisstromes, der selbst ein Magnetfeld der gleichen Art erzeugen würde. Je nachdem ein Fluorescenzschirm diese Fläche schneidet, berührt oder garnicht trifft, ändert sich das auf dem Schirm sichtbare Bild, dessen scheinbare Anomalieen sich hierdurch leicht erklären lassen.

Bei einem zweiten Versuch brachte Becquerel die strahlende Substanz unmittelbar neben den einen Pol (in Fig. 3 neben den + Pol), während die photographische Platte ihre Lage behielt. Auch hier hat der Eindruck die gleiche Krümmung wie vorhin. Neben dem Fleck, der den Platz der Strahlungsquelle angiebt, befindet sich ein Fleck, der fast ebenso intensiv ist und sich mit dem ersten unmittelbar vereinigt; der Eindruck geht dann mit verringerter Intensität die Kurve entlang, erreicht oben in der Mitte des Feldes sein Minimum, wird gegen den anderen Pol hin wieder stärker und ist in unmittelbarer Nähe desselben so intensiv, dafs er hier gleichsam eine Art Bild der aktiven Substanz erzeugt. Aus dieser krummlinigen Fortpflanzung der Strahlen im Magnetfelde geht hervor, dafs man in die Mitte des Feldes einen kleinen undurchsichtigen Schirm, etwa eine Münze bringen kann, ohne dafs die Strahlung sich auf den anderen Pol zu conzentrieren aufhört. Stellt man dagegen den Schirm exzentrisch auf, so wird die Wirkung auf den Pol erheblich geschwächt. Die verschiedene Intensität des Streifens in Fig. 3 zeigt ferner, dafs, wenn man gegenüber der Quelle nahe dem andern Pol einen Fluorescenzschirm hinbringt und diesen nach der Mitte zu rückt, die erhellte Fläche einen gröfseren Umfang, aber eine geringere Intensität als an dem Pol besitzen mufs, obwohl man sich der Quelle nähert.

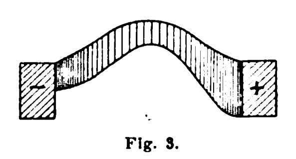


Fig. 3.

Von besonderem Interesse ist noch der folgende Versuch. Ein Bleischirm, der die direkte Strahlung der Quelle auf eine fluoreszierende Fläche aufhält, hält nicht die krummlinige Strahlung im Magnetfelde auf, wenn sie sich um das Hindernis herumwinden kann; der Punkt, an dem diese krummlinige Strahlung den Schirm trifft, ändert sich mit der Feldrichtung. — Alle diese Beobachtungen zeigen, dafs die Strahlen des Radiums sich sehr den Kathodenstrahlen nähern.

In einer späteren Arbeit (*C. R. CXXIX, 1205; 1899*) teilt Becquerel mit, dafs er mit den Strahlen des Poloniums nicht die geringste Ablenkung durch den Magneten erhalten hat. Das von Giesel (s. o.) unter dem Namen „Polonium" benutzte Präparat müsse daher wesentlich anderer Natur gewesen sein, wie das ihm von Curie gelieferte. Auch die Strahlen des Urans selbst wurden von dem Magneten nicht beeinflufst. Das Magnetfeld enthüllt also eine grofse Verschiedenheit der Strahlen der einzelnen Präparate, die sich auch sonst in ungleicher Absorbierbarkeit durch verschiedene Substanzen bemerkbar macht.

In Erweiterung seiner Versuche über die Strahlen des Radiums setzte Becquerel in das magnetische Feld eine zweite photographische Platte vertikal zu den Kraftlinien und der ersten Platte. Das Radiumpräparat befand sich wieder in der Mitte des Feldes. Nach der Entwicklung zeigte die vertikale Platte einen intensiven Eindruck, dessen Grenze von einer Spirale gebildet wurde; die Richtung der letzteren ist die des Stromes, der das Feld erzeugt. Der Anfang der Spirale ist der Schnittpunkt der durch die Strahlungsquelle gehenden Kraftlinie mit der Platte und zeigt, dafs die parallel den Kraftlinien gehenden Strahlen nicht abgelenkt werden. Aus Messungen, die Verf. an den Kurven angestellt hat, folgert

er, dafs die Geschwindigkeit der Strahlen des Radiums dieselbe Gröfsenordnung besitzt wie die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen. Elektrostatische Ablenkungen der Radiumstrahlen konnten bisher nicht wahrgenommen werden.

In der Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vom 5. Januar 1900 demonstrierte Elster mit den Gieselschen Präparaten die wichtigsten Eigenschaften der Becquerelstrahlen und zeigte auch ihre Ablenkung durch den Magneten (*Verhdl. d. D. Ph. G. 1900, S. 5*). Elster fand auch letzteren Versuch bei Polonium deutlicher als bei Radium, namentlich als er ihn im Vakuum anstellte. Radiumpräparate scheinen einen aktiven flüchtigen Bestandteil zu enthalten. Wenn man etwas aktives Brombaryum im Vakuum entwässert, so beschlägt ein dort hinein gebrachtes gekühltes Gläschen mit einem kaum sichtbaren Befluge, der den Fluorescenzschirm zum Leuchten bringt. Nach einigen Tagen verschwindet diese Fähigkeit wieder, auch wird sie durch Abwaschen vernichtet. Die Gieselschen Poloniumpräparate zeigen ebenfalls sehr schnell eine Abnahme ihrer Radioaktivität. Baryumbromid behielt dieselbe auch nach andauerndem Erhitzen. Verdampft man nur eine Spur einer radioaktiven Substanz in einer Bunsenflamme, so erhöht sich die elektrische Zerstreuung der Luft im Beobachtungsraume beträchtlich.

Wie an derselben Stelle mitgeteilt wird, gelang es Warburg, bei dem Gieselschen Brombaryumpräparat mittels Bleiblenden einen wohldefinierten Strahl von 10 bis 15 cm Länge zu erzeugen und dessen Ablenkung im Magnetfelde festzustellen. Dieselbe erfolgte in der That im Sinne einer negativen Elektrizitätsbewegung im Strahle. Ebenso fand Warburg, dafs die von ihm genauer untersuchte „Verspätung“ der Funkenentladung unter dem Einflufs der Becquerelstrahlen nicht zustande kommt.

Auch Herr P. Curie studierte die Ablenkung der Becquerelstrahlen durch den Magneten und fand dabei, dafs die Strahlen des Radiums aus zwei wohl unterschiedenen Strahlenarten bestehen, von denen nur die eine durch den Magneten beeinflufst wird. (*C. R. CXXX, 73; 1900.*) Zur Untersuchung diente der Strom, der von den Strahlen zwischen geladenen Condensatorplatten erzeugt wird. Das Ergebnis war abhängig von der Entfernung des Radiumpräparats von den Condensatorplatten. War diese 7 cm und darüber, so wurden alle Strahlen, die den Condensator erreichten, abgelenkt; bei geringerer Entfernung wurde nur ein Teil abgelenkt, und zwar nahm dieser Teil zu, je mehr die Entfernung abnahm. Die ablenkbaren Strahlen sind die durchdringendsten. Filtriert man daher die Strahlen durch Aluminium oder schwarzes Papier, so werden die hier noch durchgehenden Strahlen sämtlich vom Magneten abgelenkt. Die Entfernung, bis zu welcher die nicht ablenkbaren Strahlen in Luft sich ausbreiten, betrug für vier verschiedene Radiumpräparate 6,7 cm. Die durchdringenden ablenkbaren Strahlen bilden aber einen geringen Teil der Gesamtstrahlung. Die von Poloniumpräparaten ausgehenden Strahlen fand Verf. ebenso wie Becquerel nicht ablenkbar. Dafs das Gieselsche Präparat Ablenkung zeigte, glaubt Verf. nicht mit einer Verschiedenheit des Präparats, sondern damit erklären zu müssen, dafs die ablenkbaren Strahlen mit verringerter Aktivität der Substanz zuerst verschwinden.

Eine genauere Untersuchung der beiden Strahlenarten stellte Frau S. Curie an (*C. R. CXXX, 76; 1900*). Es zeigte sich dabei, dafs, während die ablenkbaren Strahlen den Röntgenstrahlen gleichen und durch fortgesetzte Filtration immer durchdringender werden, die nicht ablenkbaren Strahlen sich gerade umgekehrt verhalten. Diese werden mit der Dicke der schon von ihnen durchdrungenen Substanz immer stärker absorbierbar und gleichen einem Projektil, das beim Durchdringen von Hindernissen einen Teil seiner lebendigen Kraft einbüfst. Die Versuche wurden auch mit der elektrischen Methode ausgeführt. Es eigneten sich dazu besonders die gar nicht ablenkbaren Strahlen des Poloniums; für das Radium wurden die ablenkbaren Strahlen durch einen Magneten zur Seite geschafft. Die Absorption der Strahlen durch eine Aluminiumplatte war um so gröfser, je weiter der Strahl von seiner Ursprungsstelle entfernt war. Bei zwei hinter einander gestellten Aluminiumplatten absorbierte die zweite einen gröfseren Bruchteil der Strahlung als die erste. Unter-

sucht man die beiden Strahlenarten des Radiums zusammen, so vermischen sich ihre beiden entgegengesetzten Eigenschaften, und man erhält für eine bestimmte Entfernung ein Maximum der Absorption und ein Minimum des Durchdringungsvermögens.

Dieselbe Methode, mit der Rutherford die Uranstrahlen näher untersuchte (*diese Ztschr. XII 298*), wandte Owens auf die Thorstrahlen an (*Phil. Mag. 48, 360; 1899*). Die mit dem Thorsalz bestrichene Platte wurde auf 95 Volt geladen und machte die umgebende Luft leitend, so dafs das mit einer darüber stehenden Platte verbundene Elektrometer einen Ausschlag gab. Dieser Ausschlag nahm allmählich zu und erreichte nach einiger Zeit einen constanten Wert. Dabei zeigte sich Thoroxyd am wirksamsten: ist der von Thoroxyd erzeugte Leitungsstrom 100, so war der entsprechende für Thornitrat 18,5, für Thorsulfat 17,5. Wurde ein Luftstrom durch den Raum zwischen beiden Platten geblasen, so fiel der Leitungsstrom auf etwa 33 Prozent des Wertes, den er bei ruhiger Luft besafs; war die Schicht Thoroxyd dünn, so fiel der Strom nur bis 80 Prozent. Zwischengelegte Aluminiumplatten verringerten ebenfalls den Unterschied der bei ruhiger und bewegter Luft auftretenden Ausschläge. Sauerstoff- und Leuchtgasströme hatten ähnliche Wirkungen.

Der Verf. mafs ferner die Abhängigkeit des Stromes von der Spannung der unteren Platte und von der gegenseitigen Entfernung beider Platten. Legt man 1 bis 10 Aluminiumblätter zwischen beide Platten, so wird der Strom von den ersten rasch, von den folgenden immer weniger stark absorbiert; dies deutet auf zwei Strahlenarten von verschiedener Absorbierbarkeit hin, wie sie Rutherford bei der Uranstrahlung auch fand. Legte man auf die strahlende Platte zwei Schirme von verschiedenem Stoff, z. B. Aluminium auf Papier, so hatte der Strom eine bestimmte Stärke; wurde dann umgekehrt das Papier auf das Aluminium gelegt, so war der Strom nur halb so stark. Diese Abhängigkeit der Wirkung von der Reihenfolge der in den Weg der Strahlen gestellten Schirme hatte auch Sagnac für die sekundären Röntgenstrahlen gefunden (*d. Ztschr. XI 182*).

Der Einflufs des Gasdruckes auf den Leitungsstrom zeigte sich in der Weise, dafs dieser bei Thoroxyd bis zu 300 mm Quecksilberdruck proportional dem Druck zunahm, bei etwa 600 mm ein Maximum erreichte und dann allmählich kleiner wurde, so dafs er bei 2786 mm etwa ein Drittel des maximalen Wertes besafs. Uranoxyd zeigte eine ganz ähnliche Kurve. Die Absorption der Strahlen durch Luft ergab sich als nahezu dem Drucke proportional.

Auch Rutherford untersuchte mit seiner Methode die Thorstrahlung und wurde durch verschiedene Eigentümlichkeiten derselben zu der Annahme einer „Emanation“ radioaktiver Teilchen geführt, die ihr Strahlungsvermögen einige Minuten lang behalten. (*Phil. Mag. 49, 1; 1900.*) Die Hauptbestätigung dieser Annahme fand er in einem Versuch, wonach ein von dem Thorpräparat aus zwischen zwei geladene Condensatorplatten hindurch geblasener Luftstrom den Raum zwischen den Platten ebenso leitend macht, wie es durch direkte Bestrahlung geschieht. Auch sonst wird die entladende Wirkung der Strahlen sehr durch Luftströmungen selbst und solche, wie sie im Zimmer durch Öffnen und Schliefsen einer Thür entstehen, beeinflufst. Die Emanationstheorie lasse diese Erscheinungen leicht erklären. Die ausgesandten Teilchen ionisieren das Gas zwischen den Platten. Die „Emanation“ geht ohne Änderung ihrer Wirkungen durch Watte, Wasser und Schwefelsäure hindurch, durchsetzt dünne Metalle und diffundiert langsam durch Papierschichten. Die Emanation wächst mit der Dicke des Thorpräparats, von dem sie ausgeht; möglicherweise besteht sie aus Thordampf. Die Emanation beeinflufst auch eine photographische Platte; leider macht der Verf. hierüber, sowie über etwaige Fluorescenzwirkungen keine weiteren Angaben. Andere radioaktiven Stoffe besitzen die Fähigkeit der Emanation nicht; dagegen fand der Verf. sie bei allen Thorverbindungen in erheblichem Grade. Bei Beendigung der Untersuchungen ergab sich noch eine bemerkenswerte Erscheinung. Der Verf. fand, dafs das in einem Gase durch die Emanation erzeugte positive Ion die Fähigkeit hat, allen Stoffen, auf die es fällt, Radioaktivität zu verleihen. Diese neue Strahlung hat gröfsere Durchdringungskraft wie die von



Uran und Thor selbst. — Ob die letzte Erscheinung vielleicht mit dem „induzierten Strahlungsvermögen" von Herrn und Frau Curie identisch ist, dürfte erst aus weiteren Untersuchungen hervorgehen. *Schk.*

Die Frage der elektrolytischen Leitfähigkeit verdünnter Gase untersucht E. Bouty (*C. R. CXXIX, 152; 1899*). Unter den Physikern besteht seit einigen Jahren die Tendenz, den Gasen elektrolytische Leitfähigkeit zuzusprechen, die J. J. Thomson sogar als von derselben Ordnung wie die von 25 prozentiger Schwefelsäure bestimmt hat. Der Verf. benutzt hierzu die Erscheinung, dafs ein isolierter Leiter, der zwischen die Platten eines geladenen Condensators gebracht wird, die Kapazität desselben vergröfsert. Diese Vergröfserung ist ganz unabhängig von der Natur des Leiters, mag er metallisch oder elektrolytisch sein. Ein mit Salzlösung gefüllter Ballon verhält sich ebenso wie ein mit Quecksilber gefüllter; auch läfst sich die Salzlösung durch destilliertes Wasser, Alkohol oder Terpentinöl ersetzen. Ist die Dauer der Entladung nicht zu kurz, so verhalten sich alle diese Dielektrika wie vollkommene Leiter. Die Vergröfserung der Kapazität ist auch völlig unabhängig von der angewandten Potentialdifferenz, wie schwach diese auch sei. Diese Unabhängigkeit stellt ein wesentliches Merkmal der metallischen und der elektrolytischen Leitfähigkeit dar. Bringt man hingegen zwischen die Platten eines Condensators einen Ballon mit Luft von Atmosphärendruck, so ergiebt dieser, wenn seine Wände innerlich und äufserlich sorgfältig mit Paraffin überzogen sind, nur eine unbedeutende Vergröfserung der Kapazität (2—3 %), wie grofs auch die angewandte Potentialdifferenz ist. Es ist also leicht zu entscheiden, ob der Inhalt des Ballons leitend oder nichtleitend ist.

Bouty brachte nun zwischen die Platten seines Condensators verschiedene mit verdünnten Gasen gefüllte Röhren, Glühlampen, Crookessche Röhren, ein Radiometer, elektrodenlose Röhren. Bei allen war die Aufsenseite sorgfältig mit Paraffin überzogen. Sie verhielten sich sämtlich wie der mit Luft gefüllte Ballon, d. h. gaben nur eine Kapazitätszunahme von 3 %. Liefs man aber in eine der Röhren feuchte Luft einströmen, so wurden die Wände leitend, und die Kapazitätszunahme stieg auf 30 %. Sie behielt diese Gröfse, wenn Flufswasser oder Salzlösung hineingegossen wurde. Das Crookessche Vakuum zeigte sich also als absoluter Nichtleiter, selbst bei einem Abstand der Platten von nur 3 cm und einer Potentialdifferenz von 2000 Volt.

In den angewandten Crookesschen Röhren betrug der Druck zwischen 0,01 und 0,001 mm. Geifslersche Röhren (mit einem Druck von 1—5 mm) verhielten sich bei geringen Werten des elektrostatischen Feldes wie mit Luft von Atmosphärendruck gefüllte Ballons, was jede Idee einer elektrolytischen Leitfähigkeit des Gases ausschliefst. Bei einer hinreichend hohen Spannung jedoch scheint die Röhre leitend zu werden und vergröfsert die Kapazität um 50 %. Im Dunkeln leuchtet hierbei die Röhre auf, sowohl bei der Ladung wie bei der Entladung. Für einen bestimmten kritischen Wert des Feldes beobachtet man bei mehreren auf einander folgenden Versuchen, dafs die Kapazität sich — je nach den begleitenden Umständen — bald um 2 %, bald um 50 % vergröfsert. In dem Wesen eines Gases ergiebt sich hier, wie es scheint, eine merkwürdige Discontinuität. Bei einem gegebenen Druck p, solange das Feld unter einem kritischen Wert f bleibt, ist die Röhre dunkel und vergröfsert die Kapazität nicht merklich; das verdünnte Gas ist ein vollkommenes Dielektrikum. Bei höherer Feldstärke als f entsteht in der ganzen Masse des Gases ein Durchbruch der Elektrizität und die Röhre wird leuchtend. Es ist so, als wenn eine Grenze der elektrischen Elastizität besteht, oberhalb welcher das Gas fähig wird, den Wänden positive und negative Ladungen zu liefern, die das Feld im Innern aufheben. Der Verf. zieht aus seinen Versuchen den Schlufs, dafs man in einem verdünnten Gase unter normalen Bedingungen keine freien Ionen annehmen kann, die elektrischen Eigenschaften eines Gases also nicht mit denen eines bekannten Elektrolyten verglichen werden können.

In einer späteren Arbeit (*C. R. CXXIX 204*) untersucht derselbe Verf. den Widerstand genauer, den das Gas der Aufhebung des dielektrischen Gleichgewichts entgegenstellt, d. h. die dielektrische Kohäsion des Gases. Diese ist sehr grofs im Crookesschen Vakuum, nimmt

zuerst mit Vermehrung des Druckes ab, passiert ein Minimum und wird wieder sehr grofs für Drucke, die dem Atmosphärendruck nahe stehen. Es ist wahrscheinlich, dafs die Gasmoleküle die dielektrische Kohäsion des Aethers, die unendlich ist, auf zwei verschiedene Arten beeinflussen. Sind die Gasmoleküle sehr entfernt, so zu sagen isoliert, so durchbrechen sie nur die Continuität des Aethers und führen ebenso viele schwache Punkte ein. Sind die Moleküle einander ziemlich nahe, so scheint sich ihre gegenseitige Wirkung in der Weise zu äufsern, dafs die resultierende Kohäsion proportional ihrer Zahl verstärkt wird. *Schk.*

Zur Atomgewichts-Tabelle. Von der Atomgewichts-Kommission der Deutschen Chemischen Gesellschaft wird soeben eine neue Atomgewichtstabelle veröffentlicht (*Berichte XXXIII, 1900, Heft 1*), die von der früheren, auch in dieser Zeitschr. (*XII 186*) wiedergegebenen ein wenig abweicht. Danach erhielt Kadmium das Atomgewicht 112,4 (statt 112), Kobalt 59,0, Neodym 143,6, Praseodym 140,5, Thorium 232,5, Zirkon 90,7. Ferner sind bei Argon, Helium, Praseodym und Samarium die Fragezeichen, die die Elementarnatur dieser Körper in Zweifel setzten, weggefallen. Es empfiehlt sich, diese Änderungen in der früheren Tabelle zu vermerken. *O.*

3. Geschichte.

Leonardo da Vinci. Die Bedeutung Leonardo da Vincis für die exakten Naturwissenschaften hat W. Elsässer in den *Preufs. Jahrb.* (*August 1899*) behandelt. Er stützt sich dabei auf die neueren Veröffentlichungen der Manuskripte (1881—93 die 13 Bände des Institut de France durch Ravaisson-Mollien, 1891 des Codex atlanticus durch Govi, 1893 und 1895 die Manuskripte des British- und S. Kensington-Museums durch Sabachnikoff). Durch dies Material erfahren die früheren Darstellungen der wissenschaftlichen Leistungen Leonardos mehrfache Berichtigung und Ergänzung. Schon Venturi hat (1797) hervorgehoben, dafs Leonardo bereits die echte Methode der induktiven Forschung gekannt und ihre Wichtigkeit betont hat. Von einzelnen Entdeckungen wird zunächst aus der Mechanik das verallgemeinerte Hebelgesetz genannt. L. hat das vom Drehungspunkt auf die Kraftrichtung gefällte Lot als potentiellen Hebelarm eingeführt und mit Hülfe dieses Begriffs die Wirkungen des Winkelhebels erklärt, ferner auch bereits die Gesetze von Rolle, Flaschenzug, Rad an der Welle auf den Hebel zurückgeführt, was gewöhnlich dem Ubaldi (XVI. Jahrhundert) zugeschrieben wird. Auch das Eigengewicht des Hebels wird von ihm in Rechnung gezogen. [Dem bisher als Entdecker des allgemeinen Hebelgesetzes anerkannten Benedetti, der hundert Jahr später lebte, würde man deswegen die geistige Urheberschaft nur dann absprechen dürfen, wenn sich eine Abhängigkeit von L. nachweisen oder wahrscheinlich machen liefse.] Auch über die Festigkeit hat L. Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse freilich unzulänglich sind, die aber durch den Weg, der zu ihrer Erlangung eingeschlagen ist, ebenso wichtig sind, wie durch die eindringliche Betonung des Wertes mathematischer Kenntnisse für die Feststellung der Naturgesetze. — Dafs L. nicht, wie man früher glaubte, das Beharrungsgesetz gekannt hat, ist bereits von Wohlwill 1889 nachgewiesen worden. — Ähnlich verhält es sich nach dem Urteil Elsässers mit dem Gesetz von der schiefen Ebene; L. setzt hier irrtümlich bei Untersuchung der Gleichgewichtsbedingung die Grundlinie statt der Länge der schiefen Ebene ein, und nimmt ebenso irrtümlich den Druck normal zur Ebene dem Neigungswinkel (statt dem Sinus desselben) proportional. Man wird also auch fernerhin Stevin als den Entdecker dieses Gesetzes ansehen müssen. Dagegen giebt L. die Zeit für den Fall eines Körpers auf der schiefen Ebene im Vergleich zum freien Fall durch gleiche Höhe richtig an, und zeigt, wie später Galilei, dafs der Kreisbogen in kürzerer Zeit durchfallen wird als die zugehörige Sehne. — Auffallend ist, dafs L. in Bezug auf den freien Fall und den Wurf noch fast ganz in dem aristotelisch-scholastischen Gedankenkreise befangen bleibt und an der Vorstellung von einer sich allmählich aufzehrenden *vis impressa* festhält. Der Weg eines geworfenen Körpers wird von ihm als anfänglich geradlinig, dann kreisförmig



bez. schliefslich wieder geradlinig angesehen. In Bezug auf den freien Fall findet sich bei ihm die an Galilei anklingende Bemerkung, dafs „ein schwerer fallender Körper in jedem Zeitgrade einen Bewegungsgrad, und in jedem Bewegungsgrad einen Geschwindigkeitsgrad erhält“. Doch fehlt ihm die später von Galilei gegebene scharfe Begriffsbestimmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung, und nicht zu rechtfertigen ist die auch in die Geschichtswerke übergegangene Behauptung, dafs L. die Proportionalität von Zeit und Geschwindigkeit beim freien Fall gekannt habe. Es mangelt bei L. überdies auch an der experimentellen Durcharbeitung. — Über den Stofs dagegen hat L. eingehende und erfolgreiche Versuche angestellt, und insbesondere festgestellt, dafs die Stofswirkung abhängt von den Massen der Körper, ihren Geschwindigkeiten, der Bewegungs- und Stofsrichtung. Dem schiefen Stofs widmet er eine genaue, durch Zeichnungen unterstützte Betrachtung.

In der Hydrostatik hat L. zuerst das Gesetz der communizierenden Röhren in voller Allgemeinheit unter Berücksichtigung der Form und Weite der Röhren und des verschiedenen spezifischen Gewichts der Flüssigkeiten aufgestellt. Ferner gilt er mit Recht als der Begründer der Hydraulik, wennschon er, wie später Castelli, noch darin irrt, dafs er die Ausflufsgeschwindigkeit der Höhe des Wasserspiegels proportional setzt. Richtige Vorstellungen hat er auch über die Wellenbewegung des Wassers, über die hierbei stattfindende Bewegung der einzelnen Wasserteile, über die Reflexion der Wellen, über den Einflufs des Windes. Er vergleicht die Schallfortpflanzung in der Luft mit der Bewegung der Wasserwellen (wie schon Aristoteles und Vitruv) und weist darauf hin, dafs dort wie hier zwei Wellenzüge, ohne sich zu stören, durch einander hindurchgehen können. — Die Reflexion des Schalls vergleicht er mit der Reflexion des Lichts und weifs Nachhall und Echo richtig zu deuten. Er wirft das Problem der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit auf, ohne es lösen zu können. Über die Fortpflanzung des Schalls in Wasser findet sich folgende charakteristische Beobachtung: „Wenn du dein Schiff anhältst und das eine Ende eines Rohres in das Wasser tauchst, während das andere Ende an das Ohr gelegt ist, wirst du das Geräusch von Schiffen hören, die sehr weit von dir entfernt sind“. L. kennt ferner das Mittönen von Saiten oder Glocken und die Bedingungen, unter denen es auftritt; von den Reibungstönen weifs er, dafs ihre Höhe von der Geschwindigkeit der bewegten Luft abhängt.

In der Optik hat er sich namentlich mit dem Vorgang des Sehens beschäftigt, den er am ausführlichsten in einem Abschnitt der Pariser Handschrift auseinandersetzt. Bekannt ist, dafs ihm die Erfindung der Camera obscura zugeschrieben werden mufs (d. Zeitschr. *XII 167*), und dafs er sich in seiner Theorie des Sehens darauf bezieht. Bei ihm findet sich zuerst der später von Scheiner angegebene Versuch: Wenn man zwischen Auge und Gegenstand ein mit einer feinen Öffnung versehenes Papierblatt bringt und zwischen Auge und Papier einen Stift bewegt, so beschattet dieser zunächst die ihm entgegengesetzte Seite des Gegenstandes. Wenn ihm sonach die Kreuzung der vom Gegenstand kommenden Lichtstrahlen bekannt ist, so glaubt er irrthümlich im Auge noch eine zweite Kreuzung annehmen zu müssen, damit das Bild auf der Rückseite der Krystalllinse wieder aufrecht erscheine. Eine eingehende Darstellung über die Funktion des Auges bei L. da Vinci giebt Elsässer in der Zeitschrift f. Math. und Physik, Jahrg. 45, S. 1 (historisch litt. Abteilung). Jedenfalls hat L. das Verdienst, eine geometrische Construktion des Bildes im Auge versucht zu haben. [Doch bliebe festzustellen, wie weit hierin Alhazen und Vitello seine Vorläufer gewesen sind.] — Bemerkenswerth ist auch eine Notiz über den Zusammenhang von Lichtstärke und Entfernung; L. vergleicht zwei Lichtstärken, indem er die von beiden Lichtquellen herrührenden Schatten eines Körpers nebeneinander auf eine Wand wirft, und schreibt vor, die eine Lichtquelle so weit zu verschieben, bis beide Schatten gleich erscheinen. Er findet damit das Prinzip des Photometers, obschon er das physikalische Gesetz für den Zusammenhang von Lichtstärke und Entfernung nicht richtig angiebt. — Auch den Strahlenkranz, den man an fernen leuchtenden Gegenständen bemerkt, suchte L. zu deuten; er zeigte durch Versuche, dafs derselbe von der Reflexion an den oberen und unteren Augen-



wimpern herrühre, eine Ansicht, die noch im Anfange unsres Jahrhunderts vorkommt. — Andere optische Bemerkungen gehören mehr in das Gebiet der Malerei.

Nach dem allen mufs Leonardo als der hervorragendste Physiker seines Zeitalters angesehen werden; keiner hat so überzeugt wie er auf die Natur selbst als Quelle der Erfahrung hingewiesen, keiner so deutlich wie er die Wege überblickt, die die Forschung in der Folge gegangen ist. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Aus einer Jahrhundertsrede. In der Rede, die U. von Wilamowitz-Möllendorff zur Feier des Jahrhundertwechsels an der Universität zu Berlin am 13. Januar d. J. gehalten hat, kommt er zum Schlusse auf Methode und Ziel wissenschaftlicher Forschung zu sprechen. — Wir führen die Stelle hier an, weil wir darin eine Übereinstimmung mit der Auffassung erkennen, die von unserer Zeitschrift von Anfang an vertreten worden ist. Nachdem der Redner darauf hingewiesen, wie es gelungen sei, selbst in das Seelenleben des Menschen der Urzeit hineinzublicken und so tiefe Probleme wie die Genesis der Religion aufzuwerfen, fährt er fort:

„Dazu leihen sich was man als Natur- und Geisteswissenschaft unterscheidet, einträchtig die Hand. So zeigt sich an einem Beispiel, das sich zufällig bietet, dafs die beliebte Zerspaltung der Wissenschaft unhaltbar ist. Die Verschiedenheit der grade angepackten Objekte macht für die wissenschaftliche Methode nichts aus. Auf das Erste, die Gewinnung des Materiales, mufs immer die Analysis folgen. Wir verhören das einzelne Objekt und entlocken ihm mit allen Mitteln, was es uns irgend aussagen kann. Zu diesen Mitteln gehört die experimentelle Untersuchung so gut wie die philologisch-historische Kritik. Dann kommt die Synthesis der an den Einzelobjekten gewonnenen Erkenntnisse. Da wird das Ergebnis sich bald als ein Gesetz darstellen: das kann so gut ein Naturgesetz sein, wie das, nach dem der Dichter seine Verse gebaut hat; bald wird sich die Reihe der geordneten Objekte durch die nachschaffende Phantasie als ein vergangener Werdeprocefs darstellen. Dieselbe Thätigkeit des Geistes liest die Entstehung der Erdrinde in der Lagerung und den Gesteinen ihrer Schichten, und in den sachlichen und sprachlichen Differenzen ihrer Schichten die Entstehung der Ilias. Man hat wohl gesagt, dafs die Sprachwissenschaft durch die Entdeckung der Gesetze des Lautwandels eine Naturwissenschaft geworden wäre; man könnte mit gleichem Rechte sagen, dafs Darwin die Naturwissenschaft historisiert hätte. Beides ist im Grunde ein leeres Gerede, weil die Wissenschaft eine Einheit ist.“

„Das ist sie, weil ihr Objekt im Grunde eins ist, das einige, anfangs- und endlose Leben, das Ewigganze, das nur unsrer Endlichkeit zum Vielen wird. Weil sie eine Einheit ist, weckt sie auch in allen Seelen, in die ein Strahl von ihr fällt, denselben gesteigerten Menschensinn, erhebend vom Vielen zum Ganzen. Die Summe dessen, was wir verstehen, bleibt immer verschwindend gegenüber dem, was wir zu verstehen uns vergeblich sehnen ... Aber das Gefühl der Bescheidung, das freilich jeden einzelnen übermannt, und auch dem Volke und der Generation und dem Jahrhundert das dünkelhafte „Wie wir's so herrlich weit gebracht“ verwehrt, drückt nicht nieder, sondern erhebt. Denn an dem Anschauen des ewigen Seins, wenn auch das göttliche Licht dem irdischen Auge nur im farbigen Abglanze des Werdens wahrnehmbar ist, hat der Mensch das wahrhaft menschliche Leben. In der Quelle, die ihn tränkte, dem Baume, dessen Früchte ihn nährten, im Sturm, der ihn umbrauste, der Sonne, die ihn wärmte, empfand der Mensch der Urzeit die wirkende übermenschliche Kraft, offenbarte sich ihm die Gottheit... Und wie erhaben der Mensch der Gegenwart sich dünke, weil er die Kraft des Stroms zwingen kann, dafs sie ihm frohne als Licht, oder Wärme, oder Bewegung, desselben Stroms, dem sein Urahn mit furchtsamen Gebeten ein Füllen opferte, die Gottheit gnädig zu stimmen: dasselbe Gefühl irdischer Ohnmacht bindet sie beide. Geschwunden ist nur die Furcht, seit dem Auge der Seele der ewige Kosmos aufgegangen ist, ihrem Ohre vernehmlich geworden die heilige Harmonie



Geblieben und gewachsen sind Andacht und Ehrfurcht, und an jedem Erdentage lehrt die Wissenschaft einzustimmen in den Sang der Erzengel vor dem Angesichte des Unsichtbaren: Dein Anblick giebt den Engeln Stärke, — weil keiner dich ergründen mag, — und alle deine hohen Werke — sind herrlich wie am ersten Tag.“ *P.*

Das Foucaultsche Pendel hat in dieser Zeitschrift zuerst (*I 14*) von Herrn Koppe eine ausführliche Behandlung erfahren, der noch kleinere Mitteilungen gefolgt sind. Durch alle diese Angaben ist in Bezug auf das Experiment festgestellt, dafs man bei der Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln in jedem Zimmer den Versuch mit Erfolg anstellen kann. Zur Theorie, soweit sie sich in der Schule darstellen läfst, finden sich in dem genannten Aufsatz auch die beiden gangbaren Wege angegeben: die Beziehung der Pendellage zum Meridian oder zu einem aufgehenden Stern.

Mit der Theorie des Foucaultschen Pendels beschäftigt sich auch die Beilage zu dem Programm des kgl. Gymnasiums in Graudenz (*Foucaults Pendelversuch*, von Prof. Dr. Rehdans, Graudenz 1899, Progr.-No. 31). Der Verfasser betont (was in den gebräuchlichen Darstellungen meist verschwiegen wird), dafs die übliche Herleitung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ nur für unendlich kleine Zeiten gilt. Die Darstellungen der Lehrbücher (Jochmann, Wüllner, Martus, Mach, Müller-Pfaundler) unterzieht er von diesem Gesichtspunkte aus einer eingehenden Kritik. Da die sonst recht verdienstliche Arbeit nicht gerade leicht zu lesen und auch von Fehlern nicht frei ist [1]), so dürfte eine Übersicht über ihren Inhalt an dieser Stelle angebracht sein.

Die Drehung des Foucaultschen Pendels wird gewöhnlich damit begründet, dafs entweder die Ebene, in der das Pendel schwingt, oder die Schwingungstangente, d. i. die Tangente an dem Schwingungskreis in seinem tiefsten Punkt, dauernd sich selbst parallel bleibt. Dafs die Behauptung der Parallelität der Schwingungsebene falsch ist, läfst sich leicht dadurch erweisen, dafs diese Ebene stets vertikal bleiben, also durch den Erdmittelpunkt gehen mufs. Thatsächlich kommt auch die Parallelität der Schwingungsebene für den Beweis garnicht in Frage, auch da nicht, wo sie, wie z. B. bei Jochmann, behauptet wird; der Beweis wird immer mit der Parallelität der Schwingungstangente geführt. Damit aber ist es nicht besser bestellt. Wenn das Foucaultsche Pendel schwingt, so liegt die Schwingungstangente stets horizontal. Alle Horizontalebenen in Punkten desselben Parallelkreises (Tangentialebenen zur Erdkugel) schneiden die Erdachse in demselben Punkt (*C*, Fig. 1). Wenn nun in zwei Punkten (*A*) und (*B*) desselben Parallelkreises die Schwingungstangenten parallel sein sollen, so können sie nur der durch *C* gehenden Schnittlinie der beiden zugehörigen Horizontalebenen parallel sein. Da es aber zu jeder solchen Geraden, die durch *C* geht, höchstens zwei zugehörige Tangentialebenen giebt, so können auch die Schwingungstangenten höchstens in zwei Punkten desselben Parallelkreises parallel sein. Also kann beim Foucaultschen Pendel die Schwingungstangente nicht fortwährend sich selbst parallel bleiben [2]).

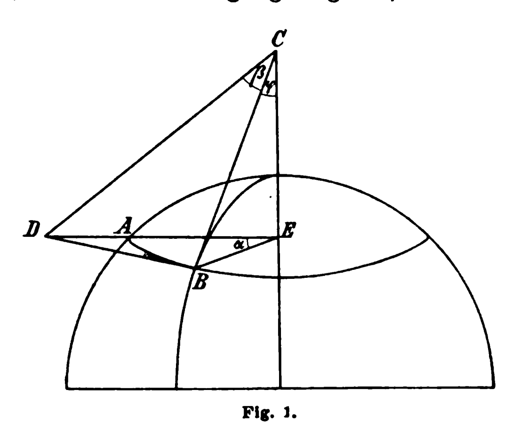


Fig. 1.

[1]) An Druckfehlern, die bei dem absoluten Mangel an Figuren stören, seien bemerkt: S. 5 Z. 2 *ACB* statt *BAC*, S. 17 Z. 6 *C* (*SBZ*) statt *C* (*SAZ*), S. 14 Z. 3 v. u. sin φ statt sin $\alpha\varphi$, S. 15 Z. 4 v. u. $\text{tg}^2 \alpha$ statt tg 2 α.

[2]) Dieser Satz ist bei Rehdans falsch; er bestreitet die Möglichkeit, durch zwei Punkte *A* und *B* eines Parallelkreises parallele Schwingungstangenten zu legen. Auf S. 14 seiner Arbeit ist der Fehler untergelaufen, dafs der Endpunkt *D* der Geraden *CD*, die auf der Ebene *AOB* eines gröfsten Kreises senkrecht steht, in diese Ebene verlegt wird, was nach den Angaben über *D* auf S. 13 unmöglich ist.

Nur eine Art von dauernder Parallelität wäre möglich: die Schwingungstangente könnte stets einer festen Ebene parallel bleiben. Beginnt z. B. die Bewegung des Pendels in der Meridianebene, so schneidet jede spätere Horizontalebene (Tangentialebene an einem andern Punkt des Parallelkreises) die erste Meridianebene. Die Schwingungstangente könnte darum stets einer Schnittlinie parallel sein, die in der ersten Meridianebene liegt. In Fig. 1 sei der Kreis die erste Meridianebene, A und B zwei Punkte desselben Parallelkreises, CBD die Horizontalebene zu B; $AEB = \alpha$ giebt die Zeit an, in der A nach B kommt, $BCE = \varphi$ ist gleich der geographischen Breite von A, BC ist die Meridiantangente zu B. Wenn nun die Schwingungstangente stets der Anfangsebene parallel bliebe, so müfste sie in B der Geraden CD parallel sein, sich also um β ($\measuredangle\, BCD$) gegen den Meridian gedreht haben. Aus den 3 Gleichungen

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BD}{BE}, \qquad \sin \varphi = \frac{BE}{BC}, \qquad \operatorname{tg} \beta = \frac{BD}{BC}$$

folgt aber die Gleichung: $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi$.

Daraus ergiebt sich, dafs für $\alpha = 90^0$ stets auch $\beta = 90^0$ sein mufs, wenn $\varphi \gtrless 0$ ist, zu $\alpha = 180^0$ gehört $\beta = 180$ etc. Wenn also an irgend einem Punkt der Erde, der nicht auf dem Äquator liegt, ein Foucaultsches Pendel schwingt, so würde sich hiernach seine Schwingungstangente in 6 Stunden um 90° (zuerst langsam, dann schneller) von W nach N, von N nach O u. s. f. drehen. Da dieses Resultat aber allen Beobachtungen widerspricht, so bleibt nur der Schlufs übrig, dafs weder die Schwingungsebene, noch die Schwingungstangente fortwährend sich selbst oder auch einer festen Ebene parallel bleibt.

In der That machen auch die Lehrbücher, die die Parallelität behaupten, einen Fehler in der Voraussetzung. Es heifst dort: Die Schwingungsebene oder -richtung eines Pendels, auf das keine andere Kraft wirkt als die Schwere, mufs parallel bleiben. Dabei wird stillschweigend angenommen, dafs die Richtung, in der die Schwere wirkt, sich nicht ändert. Das ist aber falsch.

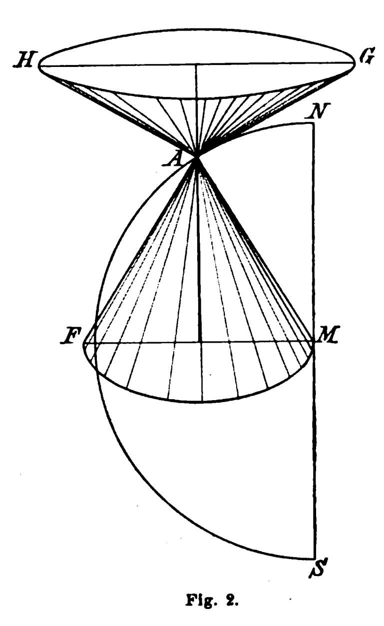


Fig. 2.

Für die Drehung der Erde, auf die es hierbei ankommt, ist es gleichgiltig, ob die Erdachse oder die Parallele zu ihr durch den Beobachtungspunkt für fest gilt. Wir können die Bewegung so auffassen, dafs z. B. Berlin fest bleibt und die Erdachse einen Cylinder beschreibt, auf dessen Achse Berlin liegt. Dann aber wirkt die Schwere so, als ob das Pendel (Fig. 2) auf der Spitze A eines Kegels befestigt wäre und die Schwere es auf einer Seitenlinie desselben herabzöge. In 24 Stunden dreht sich diese Seitenlinie einmal auf dem Kegel herum. Wenn der Beobachtungsort nördlich von Berlin gewählt wird, so wird der Kegel spitzer, wenn südlich, flacher; liegt er auf dem Äquator, so wird der Kegel zum Kreis. Die Vertikale (Erdradius AM) ist eine Seitenlinie dieses Kegels, die Horizontalebene also eine Tangentialebene zum Polarkegel (AGH). Daraus geht klar hervor, dafs hierbei eine Kraft wirkt, die die Schwingungsebene des Pendels um die Schwingungstangente zu drehen strebt, so dafs also in der That die Voraussetzung für die oben behauptete Parallelität unrichtig ist.

Da nun aber die übliche Erklärung der ganzen Erscheinung am Foucaultschen Pendel von der Parallelität der Schwingungstangente abhängt, so mufs man sich bei der Herleitung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ auf unendlich kleine Zeiten beschränken. Diese Einschränkung aber mufs ausdrücklich beim Beweis hervorgehoben werden. Einige weitere Ausführungen über den Gegenstand wird Ref. an einer andern Stelle dieser Zeitschrift veröffentlichen.

A. Schmidt, Friedenau.

Die Behandlung der Geologie und Mineralogie im naturwissenschaftlichen und geographischen Unterricht bildet das Thema zweier Programmabhandlungen von J. Petersen (*Realschule in Eimsbüttel zu Hamburg 1898, Progr.-No. 776; 1899, Progr.-No. 783*). Die erste Abhandlung stellt sich die Aufgabe, die Umgrenzung des aus der Geologie und Mineralogie darzubietenden Lehrstoffes und die Unterbringung desselben in den gegebenen Rahmen der Lehrpläne näher darzulegen. Da aus verschiedenen Gründen hauptsächlich dem geographischen Unterricht die Aufgabe zufallen mufs, die Geologie zu behandeln, so wünscht der Verfasser auch den vorzugsweise historisch vorgebildeten Collegen sowie überhaupt den jüngeren Lehrkräften Anhaltspunkte zur Behandlung des Stoffes zu bieten. Zur weiteren Belehrung wird besonders auf die Erdgeschichte von Melchior Neumayr verwiesen. Gegenüber den Bestrebungen, durch stärkere Betonung der Ethnographie die Erdkunde zu beleben, sucht der Verfasser den Nachweis zu führen, dafs es wichtiger sei, die Geologie und Mineralogie heranzuziehen, da die Völkerkunde kaum anders als rein dogmatisch behandelt werden könne. Dies führt den Verfasser zu beachtenswerten Ausführungen über den Wert der Naturwissenschaft als Unterrichtsmittel. Wenn auch die Anerkennung der Naturwissenschaft als eines den anderen Unterrichtsfächern gleichberechtigten Gegenstandes wesentlich mit erfochten wurde durch den Nachweis, dafs ihm ein formaler Bildungswert zukomme, so ist doch andrerseits der naturwissenschaftliche Unterricht um seiner selbst willen zu betreiben, d. h. der Stoff an sich ist wertvoll genug, um für sich behandelt zu werden. Verfasser stellt ferner als eine wesentliche Wirkung dieses Unterrichts die Weckung des Causalitätsbedürfnisses hin und kommt bezüglich der Notwendigkeit, die Hypothese in den Unterricht einzubeziehen, zu ähnlichen Ansichten wie Tümpel (diese Zeitschr. *VIII 102*). Mit Recht verlangt auch Verfasser, dafs den Grenzen des Naturerkennens im Unterricht mehr Beachtung geschenkt werde. — Hinsichtlich der Abgrenzung des geologischen Stoffes im allgemeinen wird die Ansicht vertreten, dafs die historische Geologie mitsamt der Paläontologie fast ganz auszuscheiden oder nur bei geeigneter Umgebung des Schulortes zu berücksichtigen sei. Im einzelnen wird dann in der „Physischen Geographie“ (I) Gestalt und Gröfse der Erde erörtert, wobei auch die Bedeutung des Reliefs des Meeresgrundes hervorgehoben wird (hier konnte vielleicht für die Berlin besuchenden Fachgenossen oder Schüler auf den im Berliner Postmuseum aufgestellten instruktiven Reliefglobus hingewiesen werden); dagegen wird den „geographischen Homologieen“, den Vergleichen zwischen den Umrifsformen verschiedener Weltteile, nur ein untergeordneter Wert beigemessen. Hieran schliefst sich noch ein Abschnitt über „Das Innere der Erde“. Bei der von den geothermischen Tiefenstufen ausgehenden Betrachtung wird als notwendig hingestellt, die Resultate des physikalischen Unterrichts, besonders die Abhängigkeit des Aggregatzustandes vom Druck, zu berücksichtigen. Anstatt hier sogar die Hypothese vom gasförmigen Zustand des Erdinnern in den Bereich der Betrachtung zu ziehen, könnte eher auf die Bedeutung des spez. Gewichtes der Erde hingewiesen werden. Übrigens beträgt die geothermische Tiefenstufe für 1° C. nicht 30 m, sondern nach den Beobachtungen Köbrichs am tiefsten Bohrloch bei Rybnik i. Schl. 34,14 m; auch die übrigen Beobachtungen von Sperenberg, Schladebach u. s. w. schwanken nur zwischen 32 und 36,6 (vergl. *Berg- und Hüttenmänn. Wochenschrift Glückauf No. 70, 1895*). In der „Gesteinslehre“ (II) empfiehlt der Verfasser weitgehende Beschränkung; hauptsächlich würden Granit, Porphyr, Basalt, Obsidian, Bimstein, Gyps, Steinsalz, Sandstein, Sand, Thon, Thonschiefer, Steinkohle und Kalkstein zu behandeln sein, deren Besprechung dem chemischen Unterricht zugewiesen wird. In der „Tektonischen Geologie“ (III) sind die Faltung und Verwerfung, der Vulkanismus in seinen einzelnen Erscheiuungen wie Eruptionen, Erdbeben und heifse Quellen, ferner die säkularen Hebungen und Senkungen zu berücksichtigen. In Kapitel IV „Geologische Bedeutung des Wassers“ werden zuerst die mechanischen Wirkungen erörtert und dann dem chemischen Unterricht die Aufgabe zugewiesen, zu zeigen, wie die mechanische Thätigkeit des Wassers durch die chemische ergänzt wird; für die Bedeutung des Eises werden besonders die Alpen herangezogen. Hinsichtlich der „Historischen Geologie“ (V) wird für Schulen, die im Glacialgebiet liegen, die

Beschränkung auf die Carbonformation und das Diluvium empfohlen. Schiefslich gelangt der Verfasser zu folgender Stoffverteilung: U III (3. Kl. der Realschulen): Gebirgsbildung in ihren Grundzügen, mechanische Thätigkeit des Wassers, Erosion, Thalbildung, Deltabildung, Meeresablagerungen, Korallenriffe. Aus der Gesteinslehre kurze Behandlung des Kalksteins, Sandsteins, Thon. — O III (2. Kl.): Erweiterte und vertiefte Wiederholung der Gebirgsbildungsvorgänge und Thalbildung, Erdbeben und Vulkanismus, geologische Bedeutung des Eises, Diluvium in Norddeutschland und den Alpen. — U II bis I (1. Kl.) Zustand des Erdinneren, Petrographie, Vulkanismus, Geysererscheinungen, chemische Thätigkeit des Wassers, Kohlenformation.

In dem zweiten, 1899 erschienenen Teil wird der mineralogische Lehrstoff näher behandelt. Es wird auf die Notwendigkeit der Verknüpfung von Mineralogie und Chemie hingewiesen und der Krystallographie ein besonderer Abschnitt gewidmet, wobei der Symmetrieebene eine vorwiegende Bedeutung für die Einteilung der Krystallsysteme eingeräumt wird (vergl. die Programmabhandlung von W. Anders, diese Zeitschr. *V 164*). Hiernach werden die für den Cursus der Realschulen notwendig erachteten Mineralspezies einzeln ihrer Bedeutung nach behandelt. Auch hier wird Beschränkung auf das Notwendigste empfohlen und dagegen aufgetreten, dafs vielfach in den Lehrbüchern Mineralspezies ohne nähere Charakterisierung angeführt werden. Verfasser wendet sich dabei namentlich gegen das auch schon anderwärts gerügte Verfahren in R. Arendts Leitfaden (für einjährigen Cursus), woselbst in der ersten Lektion mehr als dreifsig Mineralnamen angeführt werden.

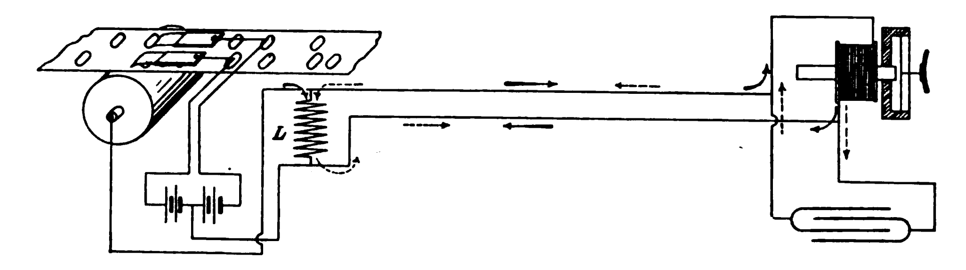
Den Schlufs bilden „Bemerkungen zum propädeutischen Unterricht in der Chemie und Mineralogie“, worin sich der Verfasser zunächst mit der Arendtschen Abhandlung über die chemischen Unterrichtsmethoden in Baumeisters Erziehungs- und Unterrichtslehre auseinandersetzt (vergl. diese Zeitschr. *X 42*). Unter Darlegung verschiedener Schwächen des Arendtschen Lehrganges wird dann der Gliederung des Stoffes nach dem althergebrachten System der Elemente der Vorzug erteilt. Auf eine Diskussion dieser ganzen Ansichten müssen wir hier verzichten, In einem näher skizzierten Plan sucht Verfasser zu zeigen, wie man auch bei systematischem Unterrichtsverfahren entwickelnd vorgehen könne. Hinsichtlich der Einzelheiten verweisen wir auf die Arbeit selbst und fügen nur hinzu, dafs wir den dort gewählten Anfang mit der sogenannten Elektrolyse des Wassers nicht billigen können, wie es denn auch wenig zweckmäfsig erscheint, den Begriff des Elements zuerst an unsichtbaren Gasen zu gewinnen. Abgesehen hiervon enthält aber auch dieser skizzierte Lehrgang ebenso wie die ganze Abhandlung beachtenswerte Ausführungen. *O.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Schnelltelegraph von Pollack und Virág. (*Elektrotechn. Zeitschr. 1899 Heft 27.*) Der Zeichengeber ist eine Metallwalze, auf der zwei Metallbürsten schleifen. Zwischen der Walze und den Bürsten wird ein in zwei Reihen perforierter Papierstreifen hindurchgezogen, durch dessen Löcher hindurch die Bürsten die Walze berühren. Zwei Batterieen senden ihren Strom, die eine den positiven, die andere den negativen, in die Bürsten, von da in die Walze und die Leitung; die Rückleitung ist gemeinsam. Den Durchbohrungen des Papierstreifens entsprechen positive und negative Stromstöfse, aus denen ein Alphabet ähnlich wie in der Kabeltelegraphie zusammengesetzt ist. Empfänger ist ein Telephon, dessen Membran den Stromstöfsen entsprechend gehoben und gesenkt wird. Durch ein Stäbchen wird diese Bewegung auf einen kleinen Hohlspiegel übertragen, der das zum Punkt zusammengezogene Licht einer Glühlampe auf eine mit photographischem Papier bekleidete Walze wirft. Bei der Bewegung der Walze beschreibt der Lichtpunkt eine Schraubenlinie rund um sie herum, also schräg laufende Linien auf dem abgenommenen Papierblatt. Eine Hebung des Spiegels giebt eine Bogenlinie nach oben (Strich bei Morse), eine Senkung eine solche nach unten (Punkt bei Morse).



Nun treten bei diesem System zweierlei Störungen auf, die die Erfinder zu beseitigen hatten. Die Membran kommt erstens nach einem Stromstofs nicht unmittelbar zur Ruhe, sondern führt pendelnde Bewegungen aus, die von den durch einen neuen Stromstofs hervorgerufenen überdeckt werden. Um diese Nachschwingungen zu beseitigen, ist parallel zum Telephon ein Condensator eingeschaltet, der beim Stromstofs geladen wird und sich nachher in das Telephon entlädt. Durch geeignete Wahl des Condensators können damit die Eigenschwingungen der Membran gedämpft werden. Ferner hat eine Telegraphenleitung Widerstand, Capazität und Selbstinduktion, die den Strom am Empfänger nicht so momentan erlöschen lassen, wie es am Geber geschieht.



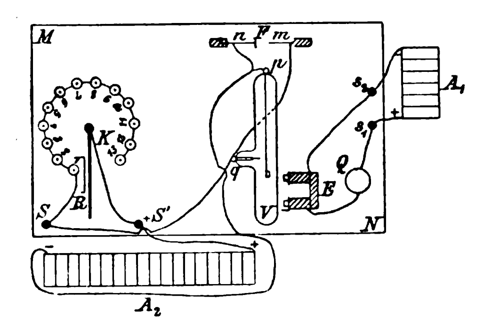
Um diese Wirkung zu eliminieren, wird in einen Nebenschluss zur Leitung dicht am Geber eine Spule gelegt, deren Widerstand, Capacität und Selbstinduktion so abgemessen werden, dafs sie die schädliche Wirkung der Leitung aufheben. Während ein ohne Spule und Condensator aufgenommenes Telegramm unregelmäfsige und verzerrte Bogen zeigt, ein ohne den Condensator allein aufgenommenes durch die Fülle der kleinen Nachschwingungen unleserlich ist, zeigen die mit den beiden Correktionsapparaten aufgenommenen klare Zeichen, die ohne Mühe zu lesen sind.

Bei Versuchen zwischen Budapest—Temesvár und zurück wurden 70000 bis 100000 Worte in der Stunde telegraphiert. Der Gewinn gegenüber dem Hughes'schen Drucktelegraphen ist so grofs, dafs die bisher erforderliche Zahl von Stunden in dieselbe Zahl von Minuten umgewandelt wird. Dabei hat man z. B. eine Zeitungsdepesche von 500 Worten in 18 Zeilen auf einem Blatt von 65 cm Länge und 9 cm Breite, während sonst ein Papierstreifen von ca. 70 m Länge nötig war. *A. S.*

Eine zweckmäfsige Anordnung des Vakuumvibrators von Mac Farlan-Moore. Bei dem Arbeiten mit diesem Vibrator, der im wesentlichen ein im Vakuum schwingender Hammer ist (*E. T. Z. 17, 637; 1896; diese Zeitschr. X 45*), empfanden es J. Elster und H. Geitel als einen Übelstand, der eine andauernde Verwendung der Vorrichtung unmöglich macht, dafs, wenn die schwingende Feder an dem Unterbrecherstifte kleben bleibt, die Spitze abschmilzt, die Feder ins Glühen gerät und das Glas an den Einschmelzungsstellen springt. Um die Haltbarkeit des Vibrators zu erhöhen, wenden sie daher zwei Stromkreise an, einen niedrig- und einen hochgespannten. Den ersteren benutzen sie, um den Vibrator in Schwingung zu erhalten und dadurch den anderen zu unterbrechen; aufserdem schalten sie, um eine gefährliche Erhitzung des Vibrators zu verhindern, als Widerstände eine Reihe von Induktionsrollen ein, die zugleich die Spannung des Extrastromes erhöhen. Diese Verbesserungen sind an dem folgenden, von Müller-Unkel zu Braunschweig nach den Angaben Elsters und Geitels ausgeführten Apparate angebracht (*Wied. Ann. 69, 483, 1899*). Auf einem starken, 48 cm langen und 33 cm breiten Grundbrett MN (vgl. die umstehende schematische Zeichnung) sind angeordnet: der Quecksilberunterbrecher Q, der Vibrator V, der kleine verschiebbare Elektromagnet E, 13 Drahtspulen (Drahtstärke etwa 1 mm), 8 cm hoch und 4 cm dick (Gesamtwiderstand 8 Ohm), die auf 1 cm starken, vernickelten, weichen Eisenkernen stecken, ferner die Schaltkurbel K und der mit Spitze m und Platte n ausgestattete Funkenzieher F. Der Strom, der die Feder des Vibrators in unausgesetzten Schwingungen erhält, wird unter Einschaltung eines Regulierwiderstandes der Akkumulatorenbatterie A_1 entnommen.



Der Quecksilberunterbrecher ist nach dem Muster der Rogetschen Spirale gebaut: eine elastische Kupferdrahtspirale umgiebt frei schwebend einen von einer Glasröhre umhüllten weichen Eisenstab. Das untere Ende der Spirale taucht in ein Gläschen mit Quecksilber ein, auf das eine mehrere cm hohe Schicht destillierten Wassers gegossen ist. Wichtig ist, dafs die Spirale und die Feder des Vibrators möglichst synchron schwingen. Den hochgespannten Strom entnimmt man der Akkumulatorenbatterie A_2, die 32 Elemente enthält. Die Kurbel K ist an den positiven Pol angeschlossen, die oberen Kuppen der Eisenkerne dienen als Kontakte. Der in der Figur nicht gezeichnete Halter des Vibrators ist mit einer Vorrichtung versehen, an die man die Mooreschen Vakuumröhren befestigen kann. Bei der Benutzung des Apparates ist darauf zu achten, dafs zuerst der niedriggespannte Stromkreis und dann erst der hochgespannte Stromkreis herzustellen ist, und dafs dabei K an der Arretierung R anliegen mufs. Bei einer Klemmenspannung des Primärstroms von 60 bis 70 V. geht, sobald K den Kontakt 13 berührt, ein prasselnder, etwa 12 mm langer, Funkenstrom zwischen Spitze und Platte des Funkenziehers über. Dem Vorteil des dauernden Betriebes, den diese neue Anordnung bietet, steht der Nachteil gegenüber, dafs bei unvollkommenem Synchronismus der beiden Unterbrecher das Licht in den Vakuumröhren stärker als bei der Mooreschen Schaltung flackert. *H.-M.*



Auftauen eingefrorener Wasserröhren auf elektrischem Wege. Die Zuleitungsröhren zu den Häusern frieren bei aufsergewöhnlich kaltem Wetter zuweilen ein. Um sie aufzutauen, mufste man bisher zunächst das Erdreich durch darauf angemachte Feuer auftauen, dann einen Graben ausheben und das Rohr durch Feuer, heifses Wasser oder Wasserdampf so lange erwärmen, bis das Eis darin geschmolzen war. Das war kostspielig, zeitraubend und störte den Strafsenverkehr erheblich. F. H. Soden zu Chicago (*E. T. Z. 20, 245; 1899*) hatte den glücklichen Gedanken, dem Rohre die erforderliche Wärmemenge durch einen elektrischen Strom zuzuführen. Als Anschlufspunkte benutzte er die nächste zugängliche Stelle des Hauptstranges und eine im Innern des Gebäudes liegende Stelle des Zuleitungsrohrs. Die Stromquelle war ein kleiner Transformator, dessen sekundäre Wickelung in Abteilungen zerlegt und so mit einem Mehrfachumschalter verbunden werden konnte, dafs man die Spannung in 5 V-Stufen ändern konnte. Zur feineren Einstellung diente eine Drosselspule mit beweglichem Kern, die in die von der Lichtleitung abgezweigte 100 V-Primärleitung eingeschaltet war. Um Feuersgefahr durch Stromentweichung zu vermeiden, war das Wasserrohr jenseits der Anschlufsstelle so abgetrennt, dafs nur der eingefrorene Teil im Stromkreise lag. Den Schalter stellte man so ein, dafs das Rohr nur handwarm wurde. Bei zu starkem Strome läuft man leicht in die Gefahr, Bleirohre abzuschmelzen. Das Auftauen geht auch bei mäfsiger Erwärmung rasch vor sich. In einem Falle war ein bleiernes 25 mm weites Zuleitungsrohr eingefroren. Man schaltete 24 m dieses Rohres, 14 m eines 150 mm weiten gufseisernen Rohres und aufserdem 9 m eines 2,5 mm starken Bleirohres ein. Die Zuführungen hatten 0,01 Ohm Widerstand. Man stellte den Schalter so ein, dafs der Strom 150 A und die Spannung zwischen den Anschlufspunkten 25 V betrug und setzte also 3775 Watt in Stromwärme um. Nach 7 Minuten begann das Wasser zu fliefsen, und nach weiteren 5 Minuten waren alle Rohre eisfrei. In Plymouth mufste man einen ähnlichen Versuch wegen Störung des Telephondienstes einstellen. Dort hat man bei den Telephonleitungen die Wasserrohre als Erde benutzt, es wurden daher bei der Einschaltung des Starkstromes sämtliche Teilnehmer angerufen. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physikalische Demonstrationen. Anleitung zum Experimentieren im Unterricht an Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen und Gewerbeschulen. Von Adolf F. Weinhold. 3. verm. und verb. Auflage, mit 4 lithogr. Tafeln und gegen 550 Holzschnitten. Leipzig, Quandt u. Händel. XIII u. 879 S. M. 24.—.

Die seit Erscheinen der 2. Auflage dieses Werkes verflossene Zeit fällt nahezu mit der Dauer des Bestehens unserer Zeitschrift zusammen. Der Aufschwung, den in dieser Zeit der physikalische Unterricht genommen, kommt in dieser neuen Auflage allenthalben zum Ausdruck, namentlich auch in zahlreichen Hinweisen auf die Zeitschrift, in denen der Verfasser sich mit den dort gemachten Vorschlägen teils zustimmend, hier und da auch ablehnend auseinandersetzt: in beiden Fällen wird das Wort des erfahrenen Lehrers und gewiegten Experimentators auf Beachtung rechnen können. Von Neuerungen, die dem Verfasser selbst zu danken sind, seien erwähnt: eine vereinfachte Form des von Koppe (I 18) empfohlenen Eisenlohrschen Apparats für die Erhaltung der Schwingungsebene, eine Modifikation des Ritchieschen Photometers, eine neue Form des Apparats für Verdunstungskälte. Neu aufgenommen sind u. a. Uppenborns Apparat für Diffusion, Szymanskis akustisches Ventil und optische Scheibe, Loosers Doppelthermoskop (auch als Ersatz für das jetzt weggelassene Weinholdsche Differentialthermoskop), der Harmonikaapparat von Mach für die Abhängigkeit der elektrischen Dichte von der Gröfse der Oberfläche u. a. mehr.

Am erheblichsten sind die Änderungen in dem Abschnitt über Galvanismus. An den Anfang sind, an Stelle der Apparate für den Nachweis schwacher Elektrizität, ausführliche Vorschriften für Dynamoanlagen mit Akkumulatorenbatterie (S. 662—671) getreten; in Zusammenhang damit stehen Angaben über Regulierwiderstände (S. 680—84), für die als zweckmäfsiges Material Kruppin (71,3 Eisen, 27,5 Nickel, 1,2 Mangan) empfohlen wird. Von Galvanometern wird das von Hartmann und Braun eingeführte mit beweglicher Spule (X 326) besonders genannt. Für das Ohmsche Gesetz hatte der Verfasser früher einen strengen experimentellen Nachweis als kaum möglich bezeichnet; er giebt jetzt eine ausführliche Darstellung der damals nur kurz angedeuteten Verifikationsmethode und kommt damit einem inzwischen immer lebhafter empfundenen Bedürfnis entgegen, ohne sich indessen auf die sonstigen methodischen Vorschläge, die in der Zwischenzeit gemacht sind, näher einzulassen. Statt Potential behält er noch die Bezeichnung Spannung bei, aber er pafst sich den neueren Bestrebungen doch insoweit an, dafs er darunter den durch das Elektroskop (oder Elektrometer) gemessenen Zustand des elektrischen Leiters verstanden wissen will. Ein im Nachtrag beschriebener Versuch über den Potentialabfall längs eines Schliefsungsdrahts, unter Benutzung des Quadrantenelektrometers, liefse sich auch wohl ausreichend genau mit dem Kolbeschen Elektrometer ausführen. Im letzten Teil des Buches (S. 811—58) sind die neueren Entdeckungen — Röntgenstrahlen, Teslaströme, Hertzsche Wellen, Funkentelegraphie — hinsichtlich ihrer experimentellen Vorführung behandelt, obwohl sie sich nach Meinung des Verfassers für eingehende Behandlung im elementaren Unterricht nicht eignen. Man wird ihm gleichwohl Dank wissen für die Mitteilungen über die Anordnung, die er als die zweckmäfsigste befunden hat.

Wir begrüfsen nach dem Gesagten diese neue Auflage des verdienstvollen Werkes als ein wertvolles Hülfsmittel für die Praxis des physikalischen Unterrichtes. *P.*

Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik: Galilei, Newton, d'Alembert, Lagrange, Kirchhoff, Hertz, Helmholtz. Übersetzt und herausgegeben von Mitgliedern der philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien. Leipzig, C. M. Pfeffer. 1899. 258 S. M. 5.—.

Wie der Titel erkennen läfst, ist das Werk zunächst durch das Bedürfnis eines philosophischen Kreises veranlafst worden; aber auch den Physikern ist damit ein Dienst erwiesen, da wohl nicht Jeder alle hier berücksichtigten Werke zur Hand hat und andererseits doch das Interesse für die Erörterung der Prinzipien von Jahr zu Jahr reger geworden ist. Allein die Aufnahme der „wunderbaren" Einleitungen von Lagrange rechtfertigt die Herausgabe des Bandes. Von Galilei ist leider nur wenig aufgenommen, man hätte den gröfseren Teil des dritten „Tages" wiedergeben müssen, um ein volles Urteil über diese Grundlegung der Mechanik zu ermöglichen (die Übersetzung in Ostwalds Klassikern erweist sich leider grade an entscheidenden Stellen als unzuverlässig). Überaus wichtig ist, dafs die Herausgeber sich entschlossen haben, auch die Originaltexte mit abzudrucken; erst dadurch wird die Ausgabe für den wissenschaftlichen Gebrauch verwertbar. *P.*

Theoretische Physik von Dr. Gustav Jäger. Bd. I. Mechanik und Akustik. II. Licht und Wärme. III. Elektrizität und Magnetismus. Leipzig 1898 u. 99. G. J. Göschensche Verlagshandlung. Sammlung Göschen 76/78.

Das Bedürfnis nach einem kurzen Lehrbuch der theoretischen Physik wird um so gröfser, je mehr in den neueren für Hochschulen bestimmten Lehrbüchern der Experimentalphysik das Bestreben



hervortritt, alle ausgedehnteren mathematischen Deduktionen zu unterdrücken und nur ihre Resultate historisch anzuführen, um so mehr Raum für die Entwickelung der physikalischen Wahrheiten und Methoden zu gewinnen. Das Bedürfnis nach einer Ergänzung durch die Theorie wird natürlich am meisten von denen empfunden, die die Physik nur als Hülfswissenschaft studieren und deshalb sich eingehender mit theoretischer Physik nicht beschäftigen können. Aber auch dem eigentlichen Studierenden der Physik ist ein kurze, leichtverständliche Darstellung der theoretischen Physik zur Einführung oft erwünscht. Dies Bedürfnis soll das vorliegende Werkchen befriedigen und es wird ihm das sicher durch die zweckmäfsige Auswahl und Abgrenzung des Stoffes, wie auch durch die geschickte Darstellung gelingen. Klar und einfach werden die Prinzipien, Methoden und Hauptsätze der theoretischen Physik entwickelt und durch Anwendung auf wertvolle Beispiele erläutert. Das ist natürlich bei dem sehr beschränkten Raume, der dem Verfasser zur Verfügung steht, oft recht schwer. So erklären sich wohl manche Ungleichheiten in der Darstellung, z. B. dafs manchmal die physikalische Deutung der Resultate etwas kurz, die Ableitungen auch zuweilen nicht vollständig streng sind, wie die Ableitung und Fassung des Prinzips der virtuellen Verschiebungen, oder dafs einzelne Begriffe bei der Einführung nicht genügend vorbereitet sind, wie der Begriff der potentiellen Energie (I § 14), die Dimensionen in der Elektrizitätslehre und die Lichtstärke in der Optik.

Die Darstellung der Optik befriedigt wohl am wenigsten. In der geometrischen Optik könnte manches kürzer und doch genauer dargestellt sein. Vor allen Dingen aber wäre Gewicht auf möglichst scharfe Trennung von Hypothesen und Thatsachen zu legen gewesen, da sonst dem Anfänger, für den doch das Buch bestimmt ist, die Beziehung zwischen der Hypothese der elastischen Ätherschwingungen, die hier allein betrachtet wird, und der elektromagnetischen Theorie, die erst am Schlufs des dritten Teiles mit wenigen Worten erwähnt wird, ganz unklar bleiben mufs. Auf Grund der Gesetze der geradlinigen Fortpflanzung, Reflexion und Brechung „müssen“ wir nicht „das Licht als eine schwingende Bewegung des Äthers auffassen“ und sind gar nicht „sicher, dafs die Ätherteilchen eine zyklische Bewegung machen werden“. (§ 14). Erst aus der Interferenz und Beugung folgt der oscillatorische Charakter der Zustände im Lichtstrahl und aus der Polarisation die transversale Lage des Schwingungsvektors. Was aber schwingt, ob der elastische Äther oder elektrische und magnetische Kräfte, das erst ist Hypothese. Dafs das in der vorliegenden Darstellung gar nicht klar hervortritt, das ist ein recht fühlbarer Mangel.

Doch hindern diese Ausstellungen an einzelnen Teilen nicht, den Wert des Werkchens im ganzen voll anzuerkennen und es als recht brauchbar den Studierenden zu empfehlen. Für eine spätere Auflage wäre noch zu wünschen, dafs die sehr zahlreichen störenden Druckfehler beseitigt würden, die auch in dem langen Verzeichnis am Schlusse des letzten Teiles noch lange nicht alle corrigiert sind, und dafs auch den beiden letzten Teilen wie dem ersten ein Verzeichnis der Litteratur beigefügt würde, die zur Weiterbildung dienen kann. *Götting.*

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Acht Vorträge aus dem Gebiete der Experimentalchemie von Prof. Dr. R. Blochmann. Mit zahlreichen Abbildungen. 137 S. — **Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität.** Von Prof. Dr. F. Richarz. Mit 94 Abbildungen. 139 S. (Aus Natur und Geisteswelt, 5. bez. 9. Bändchen, à M. 0,90, geb. M. 1,15.) Leipzig, B. G. Teubner, 1899.

Das erste dieser Bändchen bietet im wesentlichen die bekannten Versuche zur Einführung in die Chemie in allgemein verständlicher Darstellung, die durch zahlreiche anschauliche Abbildungen unterstützt wird. Etwas gewagt ist ein Excurs auf das Gebiet der Physik, der gelegentlich des Auerschen Glühlichtes in einer Vorlesung die Thermometer, die Wärmeeinheit, das mechanische Wärmeäquivalent, Wärme- und Lichtstrahlen, Spektralanalyse und Nachweis irdischer Stoffe auf der Sonne zusammenfafst.

In dem zweiten Bändchen giebt F. Richarz eine höchst klare und auch für den Kenner des Gebiets anziehende Darstellung der magnetischen und elektrischen absoluten Mafseinheiten, der Hertzschen Schwingungen und der stehenden Wellen auf Drähten, der Hertzschen Wellen in freier Luft und der Telegraphie ohne Draht, der Kraftlinientheorie Faradays und der Teslaströme, endlich der Kathoden- und Röntgenstrahlen. Eine Reihe von Einschaltungen, die näher auf das Theoretische eingehen, wird den Lesern dieser Zeitschrift besonders willkommen sein. Aktuelles Interesse bietet u. a. eine Darlegung über das Verhältnis der elektrostatischen zur elektromagnetischen Einheit und eine Bemerkung über das Verhältnis der Faraday-Maxwellschen Theorie zu der Beibehaltung der Theorie der elektrischen Fluida (S. 104). Wir empfehlen die Schrift, die auf gründlichster Kenntnis des Gegenstandes beruht und zum gröfseren Teil aus Ferienkursvorträgen hervorgegangen ist, aufs angelegentlichste. *P.*



Geschichte der physikalischen Experimentierkunst. Von Dr. E. Gerland, Prof. a. d. K. Bergakademie in Klausthal und Dr. F. Traumüller, Prof. am Nikolaigymnasium in Leipzig. Mit 425 Abbildungen, zum gröfsten Teil in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig, W. Engelmann, 1899. XVI u. 442 S. M. 14, geb. M. 17.

In diesem bahnbrechenden Werke werden zum ersten Male in zusammenhängender Darstellung die Wege beschrieben, auf denen Forscher und Erfinder allmählich zu der gegenwärtigen Höhe physikalischer Erkenntnis emporgestiegen sind, und insbesondere die Werkzeuge und Arbeiten geschildert, durch die jene Geisteshelden die gewaltigen Schwierigkeiten des Aufstiegs siegreich überwunden haben. Waren auch die Ergebnisse mühevollen Aufsuchens, Entzifferns und Edierens von alten Handschriften und umfassende Studien alter Druckwerke bereits in zahlreichen Vorarbeiten niedergelegt, so hatten doch die Verfasser erst diese Einzeluntersuchungen zu sammeln, kritisch zu sichten, durch Neubearbeitung zu berichtigen und durch eigene Forschungen zu ergänzen. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Darstellung des so gesammelten Stoffes bildete dessen Einteilung, die Herstellung von Abschnitten, die in Wirklichkeit nicht bestehen. Die Verfasser haben mit grofsem Geschick den Stoff so angeordnet, dafs Zusammengehöriges nicht getrennt, Wiederholungen möglichst vermieden werden, der Verlauf der Entwicklungen klar hervortritt, und die Darstellung nur bis dahin geführt, wo die Lehrbücher unserer Zeit einsetzen. Der Schwerpunkt des Werkes liegt in der Schilderung der Apparate und Maschinen in Wort und Bild. Es verdient die gröfste Anerkennung, dafs die Verfasser überall, wo dies möglich, Abbildungen der Originalapparate und deren Beschreibungen, wo dies ausführbar, im Urtext oder in dessen Übersetzung gegeben haben. Ein Figurenverzeichnis mit Angabe der Quellen, doch leider ohne Anführung der Seiten und Tafeln, ein Sach- und ein Namenverzeichnis ermöglichen eine bequeme Benutzung des Werkes. Die Verfasser würden den Dank der Leser noch vergröfsern, wenn sie den künftigen Auflagen noch Tafeln beifügen wollten, in denen die in dem Buche vorkommenden alten Mafse auf unser Mafssystem zurückgeführt werden. Mit der Geschichte der Experimentierkunst sind die Entwicklung der physikalischen Lehren und die Entwicklung der mechanischen Technologie eng verbunden. Während wir eine Reihe Geschichten der Physik besitzen, fehlt meines Wissens eine Geschichte der Technologie, die auch das Mittelalter eingehend behandelt. Zwar hat man in neuester Zeit begonnen, das mittelalterliche Gewerbewesen in politischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu erforschen; doch, wenn man von den Gewerben absieht, die Gegenstand der Kunstgeschichte sind, bis jetzt verabsäumt, die Entwicklung des Gewerbebetriebs in den italienischen, französischen und deutschen Städten eingehender zu erforschen. Solche Untersuchungen werden aber erst klar erkennen lassen, wie sich im Mittelalter die mechanische Kunst in den Städten so weit entwickelt hat, dafs sie den bahnbrechenden Geistern der neueren Zeit gestattete, die ersonnenen Experimente wirklich auszuführen. Den Verfassern ist dieser Sachverhalt durchaus nicht entgangen, doch reichen die wenigen und dürftigen Einzeluntersuchungen nicht aus, diese Entwicklung und deren Einwirkung auf die Experimentierkunst im einzelnen scharf darzustellen. Es wäre aber unbillig, von den Verfassern die Ausführung solcher überaus schwierigen und zeitraubenden Untersuchungen auf einem Grenzgebiete zu fordern.

Eine eingehende Kenntnis der Geschichte der Physik läfst den Lehrer erst den wahren Wert der einzelnen Thatsachen, Begriffe und Theorieen erkennen, liefert ihm überaus dankbare Mittel, den Unterricht kräftig zu beleben, und macht ihn auf die Schwierigkeiten aufmerksam, die der menschliche Geist bei dem ersten Eindringen in die einzelnen Gebiete der Physik zu überwältigen hat. Das vorliegende Werk erschliefst in trefflicher Weise ein neues und wichtiges Gebiet der Geschichte der Physik; es darf in der Hausbibliothek keines Lehrers fehlen, dem sein Unterricht und die ihm anvertraute wissensdurstige Jugend am Herzen liegt. *Hahn-Machenheimer.*

Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde. Von Dr. L. Ambronn, Professor und Observator an der k. Sternwarte zu Göttingen. Zwei Bände. Mit 1185 in den Text gedruckten Figuren. Geb. M. 60.—.

Dieses Werk legt Zeugnis ab ebenso von der Arbeitskraft und dem reichen Wissen eines deutschen Gelehrten, wie von der Uneigennützigkeit der Verlagsbuchhandlung. Es behandelt in 7 Abschnitten, von denen der letzte, den Bau von Sternwarten betreffend, jedoch nur als Anhang betrachtet werden kann, das ganze grofse Gebiet der astronomischen Instrumentenkunde und ist mit über elfhundert sehr sorgsam ausgeführten Figuren ausgestattet. Der erste Abschnitt behandelt die astronomischen Hülfsapparate, Schraube, Libelle, Collimator, Nonius, der zweite die Uhren und insbesondere die verschiedenen Methoden zur Compensation des Pendels und der Unruhe. Ebenfalls als Hülfsapparate der astronomischen Instrumente sind dann im dritten Abschnitt die rein optischen Teile, Spiegel, Objektiv- und Okularconstruktionen behandelt. Im 4. Abschnitt „Mikrometer“ finden



wir eine Zusammenstellung und Beschreibung wohl sämtlicher Formen von Mikrometern, die in der Astronomie verwandt sind oder noch verwendet werden.

Der fünfte Abschnitt enthält die Beschreibung der Apparate, welche für die moderne Astronomie besonders charakteristisch sind: Photographische Objektive, Photometer, Spektralapparate. Der Verfasser beschränkt sich hier seinem Plane gemäfs auf eine Beschreibung der Apparate und ihrer Verwendungsarten, während die Lehrbücher von Scheiner und Müller das Hauptgewicht auf die Resultate der astrophysikalischen Forschung legen: die Instrumente dieses Abschnittes stehen im Mittelpunkte des gegenwärtigen Interesses. Die Errungenschaften der Astrophysik sind doch wesentlich gewonnen durch die Construktion und Verwendung besonders dazu geeigneter Apparate. Wir erfahren u. a., mit welchen Mitteln, nach welchen Methoden in Potsdam, Paris, Moskau die Gestirne photographiert werden, wie die berühmten „photometrischen Durchmusterungen“ am Harvard-College und zu Potsdam angestellt worden sind und noch angestellt werden, mittels welcher Einrichtung ein Sonnenspektrum entworfen wird von einer Ausdehnung, dafs zwischen den beiden die Natriumlinie zusammensetzenden Einzellinien fast so viel Fraunhofersche Linien gesehen worden, als Fraunhofer im ganzen Spektrum entdeckt hat.

Der sechste und letzte Hauptabschnitt behandelt auf ca. 500 Seiten die ganzen Instrumente im Gegensatz zur Beschreibung der einzelnen Teile, wie wir sie in den ersten Abschnitten finden. Diese Instrumente sind unter den Händen und Augen berühmter und unermüdlicher Forscher zu Individuen geworden. Erst nachdem durch zahlreiche Prüfungen alle Eigentümlichkeiten und die kleinsten nie ganz ausbleibenden Mängel eines jeden derselben erkannt, ihrer Gröfse nach festgestellt, ihren zeitlichen Änderungen nach sorgsam bestimmt sind, kann es im Dienste der Wissenschaft das seinige leisten. Die aufserordentlich sorgfältige und vollständige Beschreibung dieser „Fernrohrindividuen“, wie sie in dem Ambronnschen Werke gegeben ist, füllt auch von einem allgemeineren Gesichtspunkt eine Lücke unserer modernen wissenschaftlichen Litteratur aus. *A. Gleichen.*

Lehrbuch der Mechanik (Cours de Mécanique) von Ch. Sturm. Übersetzt von Dr. Th. Grofs. Erster Band. Berlin, S. Calvary & Co. 1899. IX u. 258 S. M. 6, in Leinenband M. 7.

Das Buch behandelt als ersten Teil der Statik das Gleichgewicht von zwei und mehr an einem Punkte und von parallel wirkenden Kräften, die Lage des Schwerpunktes von Linien, Flächen und Körpern und die Anziehung der Körper und als sich anschliefsenden ersten Teil der Dynamik die dahin gehörigen Grundbegriffe, den Fall der Körper, krummlinige Bewegungen, lebendige Kraft und Arbeit, das Pendel und die Centralkräfte. Zum Teil in Zusammenhang mit dieser Einteilung stehen einige Verkehrtheiten der Anordnung. Z. B. kommt bei der ersten Besprechung der Anziehung schon die Masse vor, während ihr Begriff erst viel später definiert wird. Ebenso unangemessen ist die Auseinanderreifsung der Besprechungen des Schwerpunktes und des Massenmittelpunktes. Noch weniger zulässig ist es, das Newtonsche Anziehungsgesetz in der Statik vorzubringen. Man sieht, der Übersetzer hat von dem Veralteten des Sturmschen Werkes nicht so viel beseitigt und geändert, wie er es dem Vorworte nach gethan zu haben glaubt. Die Übersetzung an sich ist gut, und das Buch kann zur ersten Einführung in die Mechanik allenfalls gebraucht werden. *Paul Gerber, Stargard.*

Jahrbuch der Chemie, herausgegeben von Richard Meyer. VIII. Jahrgang 1898, 546 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1899.

Dieser Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie ist schon mehrmals Gegenstand der Besprechung in dieser Zeitschrift gewesen. Es ist auf die Stellung desselben zu den gröfseren Jahresberichten (Fittica), den laufenden Referaten (Chemisches Centralblatt) und auf seine Verwendbarkeit für die Lehrer der Chemie hingewiesen. Auch dieser achte Jahrgang schliefst sich nach Form und Inhalt den früheren Bänden an. Die XIV Kapitel und ihre Bearbeiter sind: I. Physikalische Chemie: F. W. Küster. II. Anorganische Chemie: K. Seubert. III. Organische Chemie: C. A. Bischoff. IV. Physiologische Chemie: F. Röhmann. V. Pharmaceutische Chemie: H. Beckurts. VI. Chemie der Nahrungs- und Genufsmittel: H. Beckurts. VII. Agrikulturchemie: M. Märcker und W. Naumann. VIII. Metallurgie: E. P. Dürre. IX. Brenn- und Explosivstoffe, anorganisch-chemische Technik: H. C. Häussermann. X. Technologie der Kohlehydrate und Gährungsgewerbe: M. Märcker, W. Naumann und L. Bühring. XI. Technologie der Fette und Erdöle: J. Lewkowitsch. XII. Theer und Farbenchemie: R. Meyer. XIII. Chemische Technologie der Spinnfasern: P. Friedländer. XIV. Photographie: J. M. Eder und E. Valenta.

Sach- und Autorenregister vervollständigen die Brauchbarkeit, und es bedarf nach den früheren Darlegungen nur des Hinweises auf diesen praktischen und vortrefflichen Jahresbericht.

B. Schwalbe.



Schödlers Buch der Natur. 23. vollständig neu bearbeitete Aufl. von Prof. Dr. B. Schwalbe und Prof. Dr. O. W. Thomé. In drei Teilen. Zweiter Teil: Chemie, Mineralogie und Geologie. Erste Abteilung: Chemie von Prof. Dr. H. Böttger. Mit 85 Abbild. in Holzstich u. 1 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1899. XVI u. 694 S.

Die neue Ausgabe des seiner Zeit sehr populären, aber seit 1884 nicht mehr aufgelegten Buches verspricht eine entschieden interessante litterarische Erscheinung zu werden. Die Gesamtidee derselben wird zwar erst im Vorwort zu dem Teil „Astronomie und Physik“ dargelegt werden, doch läfst sich an dem vorliegenden Teile bereits erkennen, worauf das Ganze hinsteuert. In Anbetracht, dafs die vorliegende „Chemie“ — die nur die erste Abteilung des zweiten Teiles bildet — bereits auf das Vierfache des früheren Umfanges ausgedehnt worden ist, wird aus dem ursprünglichen „Buch“ eine stattliche Reihe von mehr oder weniger ganz neuen Büchern werden, eine neue Encyklopädie der Naturwissenschaften, deren Daseinsberechtigung bei dem rapiden Vorwärtsschreiten der einzelnen Disziplinen und dem vielfachen Wechsel der darin gültigen Anschauungen gewiss nicht zu bezweifeln ist. Über das Ganze wird man erst urteilen können, wenn auch die übrigen Teile vorliegen: sein litterarischer Wert wird sich zum grofsen Teil danach richten, wie weit es gelingt, gewisse durchgreifende Prinzipien in der Behandlungsweise, der Stoffumgrenzung, der gegenseitigen Beziehung u. a. zur Geltung zu bringen, was allerdings bei den ziemlich heterogenen Wissensgebieten mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft sein wird. Aber selbst wenn diese Momente nicht zur Durchführung gelangen sollten, wird dennoch das Ganze als ein Sammelwerk von Handbüchern auf Anerkennung rechnen können, sofern in jeder einzelnen Disziplin die wirklich modernen Anschauungen in geeignetem Umfange und als Wesentlichstes zum Ausdruck kommen. Dafs dies in der vorliegenden „Chemie“ geschehen, kann hier ohne Einschränkung zugegeben werden. Besondere Sorgfalt ist der chemischen Technologie gewidmet, und zumal nach dieser Richtung hin wird die Darstellung durch vorzügliche Abbildungen unterstützt. Dagegen ist auf die Beschreibung der Vorlesungsversuche, die in der früheren Ausgabe einen ziemlich breiten Raum einnahmen, nahezu ganz verzichtet worden. Auf die Art der Darstellung war im übrigen von mafsgebendem Einflufs, dafs das Buch gleichsam aus den Vorlesungen entstanden ist, welche der Verfasser seit einer Reihe von Jahren in Vertretung von Prof. B. Schwalbe verschiedenenorts gehalten hat. Der Gang im anorganischen Teile ist systematsich: die Elemente werden in zweckmäfsigen natürlichen Gruppen abgehandelt; eine allgemeine Einleitung (S. 1—22) geht vorauf. Ob es dem Zweck des Ganzen nicht besser entsprochen hätte, statt dieser allgemeinen Einleitung einen methodisch gehaltenen, induktiven Kursus zu geben, möchte Ref. dahingestellt sein lassen. Hiermit hängt wohl zusammen, dafs z. B. von den umkehrbaren Reaktionen (S. 7) die Rede ist, ohne dafs ihre Erklärung, die Dissoziation, angegeben ist; die Dissoziation an sich gelangt indessen später, im speziellen Teil, verschiedentlich zur Darstellung. S. 610 beim Caffeïn kommt die künstliche Darstellbarkeit nicht zur genügenden Klarheit. Die organischen Farbstoffe, die nur gelegentlich angeschlossen sind, hätten vielleicht eine kurze Zusammenfassung erfahren können. Die Angabe, dafs man das Helium bei -260° noch nicht hat verflüssigen können (S. 64), beruht wohl auf einem Druckfehler in der Zahl, wenn auch die Verflüssigung selbst, die erst im Frühjahr 1898 durch J. Dewar erfolgte, bei der Drucklegung wohl nicht berücksichtigt werden konnte. Im übrigen möchte Ref. bestätigen, dafs, soweit beobachtet wurde, alle Fortschritte bis in die neueste Zeit hinein berücksichtigt sind, und dafs die Arbeit sich durch Wissenschaftlichkeit und Gründlichkeit auszeichnet.

Es ist ein erfreuliches Zeichen für das Interesse, das den Naturwissenschaften immer mehr entgegengebracht wird, dafs die Verlagshandlung sich zu einer solchen umfangreichen Ausgabe entschlossen hat; wir wünschen dem Unternehmen den besten Erfolg. *O. Ohmann.*

Das Mikroskop und seine Anwendung. Von Dr. H. Hager, umgearbeitet von Dr. Carl Mez, Prof. a. d. Univ. Breslau. 8. stark verm. Aufl. Mit 326 Fig. Berlin, J. Springer, 1899. VIII u. 335 S. Geb. M. 7.

Das Buch unterscheidet sich von den zahlreichen das Mikroskop behandelnden Werken dadurch, dafs es vornehmlich den Bedürfnissen der im praktischen Leben stehenden Untersucher, des Pharmaceuten, des Gewerbetreibenden u. s. w. angepafst ist. In der ursprünglichen Form, die ihm der seiner Zeit in der pharmaceutischen Litteratur hervorragend thätige Verfasser gegeben hat, erlebte es 7 Auflagen. In der neuen Ausgabe hat es unter Beibehaltung der bewährten Anlage eine wesentliche Umarbeitung und Erweiterung erfahren. Hervorzuheben ist die instruktive Einführung in das Wesen und den Gebrauch des Mikroskops, wobei auch die Anfertigung der verschiedenartigen Präparate eingehend erläutert wird. Der zweite Hauptteil giebt eine umfangreiche Übersicht über die mikroskopischen Objekte selbst, in der nicht nur die wesentlichsten anatomischen Verhältnisse aus dem Pflanzenreich und Histologisches aus dem Tierreich erörtert werden, sondern auch in einem beson-

deren Abschnitt alle für den Pharmaceuten, Gewerbetreibenden u. s. w. wichtigen Objekte — z. B. die Mehlarten, Gewebe, Papier — ferner die für die medizinische Untersuchung wichtigen Objekte, Blut, Harn u. s. w in ihren charakteristischen mikroskopischen Eigenschaften unter Beifügung zweckentsprechender Abbildungen behandelt werden. Besonders dieses praktischen Theiles wegen eignet sich das Buch auch vorzüglich zur Verwendung in solchen höheren Schulen, denen für Fragen aus dem praktischen Leben einiger Raum zur Verfügung steht. *O.*

Der Kautschuk und seine Quellen. Von Dr. R. Henriques. Dresden 1899. Steinkopf und Springer. Mit 5 Tabellen und 4 Karten. 31 S. M. 1,25.

Die kleine Monographie ist vorzüglich geeignet, über alles, was vom Kautschuk interessiert, über den Ursprung, die Verarbeitung, die Eigenschaften der verschiedenen in den Handel kommenden Arten u. s. w. den gewünschten Aufschlufs zu erteilen. Besonders sorgfältig ist die statistische Seite bearbeitet. In historischer Hinsicht ist die Bemerkung interessant, dafs wir den Gebrauch des Kautschuks, obgleich diesen die Natur auch in Afrika dicht an den Thoren alter Kulturcentren aufgestapelt hat, doch erst von den Indianern kennen gelernt haben, die schon zu den Zeiten der ersten Entdecker Gummibälle, Gummischuhe und wasserdichte Kleider kannten. Bei der Bedeutung, die der Kautschuk in den letzten Dezennien z. B. auch in der Elektrotechnik erlangt hat, kann die kleine, aber inhaltreiche Schrift zur Verwertung in der chemischen und physikalischen Praxis durchaus empfohlen werden. *O.*

Grundrifs der Naturlehre für Lehrer- und Lehrerinnen-Bildungsanstalten. Von K. Kraus, Professor an der K. K. Lehrerbildungsanstalt in Wien. — I. Teil mit 139 Holzschnitten. Wien 1896. Preis 90 kr. II. Teil mit 64 Holzschnitten. Wien 1897. Preis 90 kr. III. Teil mit 200 Holzschnitten. Wien 1898. Preis 1 fl.

Der durch verschiedene methodische Arbeiten vorteilhaft bekannte Verfasser hat speziell die Bedürfnisse der Seminarien ins Auge gefafst. Im I. Teil des Buches sind nach den einleitenden Kapiteln die Wirkungen der Molekularkräfte, Wärmelehre, magnetische und elektrische Erscheinungen behandelt; der II. Teil enthält die Chemie, der III. Teil Mechanik, Akustik und Optik. Diese Anordnung entspricht den österreichischen Bestimmungen, die auch für die Auswahl des Lehrstoffes mafsgebend gewesen sind. In Bezug auf letztere möchten wir geltend machen, dafs der Charakter des Seminarunterrichts eine weitgehende Berücksichtigung derjenigen Kapitel der Physik fordert, die für das praktische Leben von Bedeutung sind, dafs also nicht nur die Naturerscheinungen, sondern auch die Errungenschaften der Technik thunlichst berücksichtigt werden sollten. Es erscheint uns fraglich, ob im vorliegenden Buche z. B. die Behandlung der Dampfmaschine und der Dynamomaschine in dieser Beziehung genügen; auch die Erläuterung der Akkumulatoren und der elektrischen Mefsapparate würden wir ausführlicher wünschen und ebenso in anderen Kapiteln (z. B. bei der Spektralanalyse) entsprechende Ergänzungen für angebracht halten. Der Raum für diese Erweiterungen liefse sich durch Kürzungen an anderen Stellen wohl gewinnen.

Die methodische Behandlung verdient volle Anerkennung und zeigt, dafs der Verfasser die methodischen Errungenschaften der neuern Zeit mit Geschick und sachverständigem Urteil für sein Buch verwertet hat. Die Versuche sind sorgfältig und auch so ausgewählt, dafs sie mit verhältnismäfsig einfachen Hilfsmitteln ausgeführt werden können, was für Lehrerbildungsanstalten mehr noch wie für andere Schulen ein Vorzug ist; ganz besonders zu rühmen ist der jedem Abschnitte beigegebene reichhaltige und namentlich auch die Erfahrungen des täglichen Lebens berücksichtigende Übungsstoff, bei dessen Zusammenstellung der Verfasser sich vielfach an andere, ältere Lehrbücher angelehnt hat. Auch in der Berücksichtigung des geschichtlichen Momentes, sowie in der Erklärung der aus fremden Sprachen stammenden Ausdrücke sehen wir beachtenswerte Vorzüge des Buches.

In sachlicher Hinsicht sind uns nur geringfügige Ungenauigkeiten aufgefallen, wie z. B. die schon öfter gerügte Bezeichnung des Astronomen: Tycho *de* Brahe und die Benennung des Schattenphotometers nach Rumford (statt nach Lambert). Zu wünschen wäre aber, dafs ein neues Buch ältere Abbildungen nur dann aufnimmt, wenn sie wirklich mustergültig sind, was hier nicht bei allen Figuren der Fall ist (Fig. 117 z. B. zeigt einen in dieser Zeitschrift schon wiederholt erwähnten Fehler; auch die Abbildungen der elektrischen Maschinen befriedigen nicht). Der wohl aus einer älteren Auflage von Sumpfs „Schulphysik“ übernommene, durch Fig. 29 im I. Teile dargestellte Versuch über das Dichtigkeitsmaximum des Wassers wäre besser durch einen anderen Versuch ersetzt worden, wie dies auch in der neuern Auflage des genannten Buches geschehen ist. Durch diese Bemerkungen soll indes die Brauchbarkeit des mit ebensoviel Fleifs als Geschick und Sachkenntnis bearbeiteten Buches nicht in Frage gestellt werden. *A. Pabst, Leipzig.*



Repetitorium der Chemie. Von C. Arnold, Prof. d. Ch. an d. Königl. Tierärztlichen Hochschule zu Hannover. 9. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Voss, 1899. XII u. 611 S. Geb. M. 7.

Die neue Ausgabe des trefflichen Repetitionsbuches hat besonders im ersten Teile wegen der schnellen Entwicklung der allgemeinen Chemie Verbesserungen und Ergänzungen erfahren; so ist z. B. das Kapitel Elektrochemie (S. 42—44) neu aufgenommen. Diese gedrängte erste Abteilung des Buches ist durch ihre Übersichtlichkeit und Klarheit auch in didaktischer Hinsicht wertvoll und gereicht dem Werke zur besonderen Empfehlung. Es sei noch erwähnt, dafs das Buch jetzt in festerem Einbande erscheint, womit jedoch eine Preiserhöhung verbunden ist. *O.*

Grundzüge der Physik für die mittleren Klassen der höheren Lehranstalten. Von H. Püning. 3. Aufl. Münster i. W., 1898, Aschendorff. 208 S. M. 2.

Der Leitfaden ist bei seinem ersten Erscheinen in dieser Zeitschrift (*VI 315. 1893*) so eingehend besprochen worden, dafs wir nur auf die neue Auflage, die einige Zusätze und Verbesserungen erfahren hat, hinzuweisen brauchen. Ein Teil der in der erwähnten Besprechung angegebenen Mängel ist abgestellt worden, ein anderer Teil nicht. Beispielsweise wird das Hebelgesetz noch immer rein dogmatisch aufgestellt, ohne aus bestimmten Beispielen abgeleitet zu werden. Im übrigen ist unser Urteil über den Wert des Leitfadens das frühere. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Die Reflexion des Lichtes an den Metallen. Erster Teil. Von Arthur Nobbe. Königl. Kaiser-Wilhelms-R.-G. zu Berlin. Ostern 1899. Pr. No. 95. 40 S.

Die Abhandlung enthält einen ausführlichen und sorgfältigen Bericht über die durch den Titel bezeichneten Forschungen bis zur Gegenwart. Nach einer orientierenden historischen Übersicht, die von Malus bis Kundt, Wiener und Rubens reicht, werden die Theorieen der Metallreflexion nach Fresnel-Mac Cullagh und nach Cauchy dargestellt und verglichen. Dann kommen zur Behandlung: die durch Metalle hervorgebrachte elliptische Polarisation des Lichtes, die Intensitätsänderungen durch Metallreflexion und die Phasenänderung durch Metallreflexion. *P.*

Die Ausbreitung einer Erschütterung an der Wellenmaschine, darstellbar durch einen neuen Grenzfall der Besselschen Funktionen. Von Max Koppe. Andreas-R.-G. zu Berlin, Ostern 1899, Pr. No. 96. 28 S. und 1 Tafel.

Der Titel der Abhandlung verrät, dafs der Ursprung der behandelten Frage im Unterricht zu suchen ist. Ein altes Problem der mathematischen Physik, die Fortpflanzung einer Erschütterung durch eine elastische Punktreihe, findet eine eigenartige, der Berechnung wie der graphischen Construktion leicht zugängliche Lösung, indem die Verschiebungen jedes Punktes einer unendlichen Punktreihe durch eine unendliche Reihe von Besselschen Funktionen dargestellt werden, die sich praktisch durch sehr wenige Anfangsglieder ersetzen lassen. Auch die Wirkungen, die durch einen Stofs gegen einen Punkt der Punktreihe erzeugt werden, lassen sich nach dieser Methode behandeln. Schliefslich wird eine beim Huygensschen Prinzip auftretende Schwierigkeit, das Nichtumkehren der Bewegung, für die Punktreihe in befriedigender Weise gehoben. Auch die periodischen Schwankungen der aktuellen und potentiellen Energie können mit Hülfe der genannten Funktionen dargestellt werden. *P.*

Über die Anwendung der zeichnenden Methode im naturwissenschaftlichen Unterricht des Gymnasiums. Von Otto Ohmann. Humboldt-G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 56.

Auf die hauptsächlich der Naturbeschreibung gewidmete Abhandlung sei kurz hingewiesen, da sie auch einige aphoristische Bemerkungen zum Zeichnen in der Physik und Chemie enthält. *P.*

Versuche zur Erforschung der höheren Luftschichten. Von Oscar Beyer. Luisenstädtisches R.-G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 63. 21 S. und 2 Figuren.

Die Abhandlung giebt eine Darstellung der Einrichtungen für meteorologische Höhenbeobachtungen und geht besonders in dankenswerter Weise auf die Drachenballons der Herren v. Parseval und v. Siegsfeld ein, die nicht unzutreffend als Bojen des Luftmeeres bezeichnet worden sind. Auch die Beobachtungsdrachen von Archibald und die neuesten Hargrave-Drachen werden besprochen. *P.*

Über graphische Darstellungen in den Naturwissenschaften. Von Dr. E. Nickel. R.G. Frankfurt a. O. 1899. Ohne Progr.-No.

Der Wert graphischer Darstellungen mit Hilfe des rechtwinkligen Coordinatensystems wird für die Krystallographie und gewisse Teile der Chemie näher dargelegt. Man wird dem Verfasser ohne weiteres beistimmen, wenn er sagt, dass durch die graphischen Darstellungen das Maximum an Klarheit erreicht werden kann. Nach einer kurzen mathematischen Einleitung weist der Verfasser im

ersten Abschnitt „Die krystallographische Linienprojektion in algebraischer Behandlung“ darauf hin, wie die räumliche Gestaltung der Krystalle auf Figuren in der Ebene zurückgeführt werden könne. Er zeigt, welchen Nutzen bei diesem besonders von Websky und Goldschmidt ausgebildete Verfahren die graphische Methode bei algebraischer Behandlung ergiebt. Die weiteren Abschnitte behandeln „das System der Grundstoffe mit besonderem Bezug auf die Zahlenbeziehungen in der Atomgewichtsreihe und seine graphische Darstellung“, „die Eigenschaften der Grundstoffe und ihre graphische Behandlung“, „Graphochemisches Rechnen“. Es werden u. a. die wichtigsten graphischen Darstellungen des Systems der chemischen Elemente z. B. von Baumhauer, der zuerst die Spirale anwandte, von Lothar Meyer, Seubert, Crookes, ferner dieselben Darstellungen auf analytischer Grundlage nach Reed und Löw erörtert. Die anderweitigen, dasselbe Thema behandelnden Publikationen des Verfassers in Fachzeitschriften werden mehrfach herangezogen. Es ist zu bedauern, dafs aus äufseren Gründen von der Beigabe der eigentlich unentbehrlichen gröfseren Zeichnungen abgesehen werden mufste. Obgleich der Wert der Darlegungen mehr auf wissenschaftlichem Gebiet liegt, wird sich doch manches davon im Unterricht, etwa der Prima der Oberrealschulen und Realgymnasien, verwerten lassen. *O. Ohmann.*

Versammlungen und Vereine.

Direktoren-Conferenz der Provinz Schleswig-Holstein

am 11. Oktober 1899.

Es kam die Frage zur Verhandlung: Wie ist der mathematische Unterricht zu gestalten, damit die Schüler mehr lernen, das Mathematische in den sich im Leben darbietenden Erscheinungen zu erkennen? Die Fragestellung knüpfte an den Braunschweiger Beschlufs von 1891 (d. Zeitschr. V 107) an, der bereits in der Wiesbadener Vereinsversammlung von 1894 eine präcisere Fassung dadurch erlangt hat, dafs eine gröfsere Berücksichtigung der Verhältnisse des wirklichen Lebens in den mathematischen Aufgabensammlungen gefordert wurde. Die Braunschweiger Fassung wird auch in den Referaten, auf die sich der vorliegende Conferenzbericht bezieht, als zu weitgehend und einseitig bezeichnet, dagegen erstreckt sich die Verhandlung vorwiegend auf die dem Wiesbadener Beschlufs entsprechende Forderung, dafs der mathematische Unterricht mehr sachlichen Rückhalt gewinnen solle. Von der gröfseren Zahl der Teilfragen, die sich hieraus ergeben, ist für unsere Zeitschrift vornehmlich die Beziehung der Physik zur Mathematik von Interesse. Diese Beziehung kommt zur Sprache in folgenden, von der Conferenz angenommenen Thesen des Berichterstatters, Prof. Dr. Karrass (Kiel): (3). „Dem (mathematischen) System angegliedert und nach mathematischen Gesichtspunkten geordnet sind zur Belebung des Unterrichtes Aufgaben aus dem Leben, der Industrie, Technik und Wissenschaft heranzuziehen, welche dem jeweiligen Verständnis und Auffassungsvermögen der Schüler entsprechen. In den Sammlungen sind die Aufgaben nach mathematischen Gesichtspunkten zu ordnen.“ — (5). „Auf allen Stufen ist eine gröfsere Concentration des Unterrichtes anzustreben. Es erscheint ratsam, wenn irgend angängig, wenigstens in den oberen Klassen den Unterricht in der Mathematik und Physik in die Hand eines Lehrers zu legen.“ — (7). „Durch sorgfältige Auswahl der Aufgaben für die schriftlichen Prüfungen sind Schwierigkeiten nicht mathematischer Art fernzuhalten, damit durch die Verquickung des verschiedenartigen Wissens dem Schüler die Lösung der Aufgabe, dem Lehrer die Beurteilung der mathematischen Kenntnisse nicht erschwert werde.“

In den Ausführungen des Berichterstatters zu diesen Thesen wird mit Recht betont, dafs die Mathematik eine Art von centraler Stellung einnehme, insofern sie die Entwicklung der Cultur auf allen Stufen begleitet habe und mit der griechischen Bildung ebenso verwachsen sei, wie mit den praktischen Aufgaben des modernen Ingenieurbetriebes, und überdies an den abstraktesten Untersuchungen der Philosophie wie an den Fortschritten der Naturwissenschaften beteiligt sei. Diese Stellung der Mathematik fordere von dem Lehrer, dafs er zwischen der abstrakten, formal logischen Durchbildung und dem Verständnis der Verhältnisse des gesamten Geistes- und Kulturlebens eine Vermittelung herstelle. Insbesondere wird zugegeben, dafs die mathematische Behandlung physikalischen Übungsstoffes den Zweck und Erfolg haben könne, sowohl das Verständnis der physikalischen Gesetze zu klären und zu festigen, als auch von ihrer vielseitigen Verwendbarkeit zu überzeugen. Dagegen sei das Erkennen des Mathematischen in den Erscheinungen, namentlich das Erkennen des Quantitativen, wohl durch einen geordneten methodischen Physikunterricht, nicht aber durch den mathematischen Unterricht zu erreichen.

Eine Befürchtung freilich wird in der Mehrzahl der Referate laut, die der Berichterstatter in die Worte zusammenfafst: „Der Schwerpunkt des Unterrichts mufs immer die mathematische Durch-



bildung bleiben, und es mufs sorgfältig die Gefahr vermieden werden, die Mathematik auf der Schule zu einer Hilfswissenschaft des praktischen Lebens, der Industrie, Technik und Naturwissenschaften zu degradieren." Es wird aber auch von dem nackten Utilitarismus gesprochen, der im Wandsbecker Programm von 1891 (A. Richter) seinen krassesten Ausdruck in dem Satze gefunden habe, „die Mathematik auf höheren Lehranstalten ist lediglich als Hilfswissenschaft der Naturwissenschaft zu behandeln". Wir halten diese Wandsbecker Fassung für recht wenig glücklich, müssen aber uns ebensosehr dagegen erklären, dafs hier und an anderen Stellen des Berichts die Rücksicht auf die Anwendungen in der Naturwissenschaft schon als Utilitarismus bezeichnet wird. Dies kann nur als der Ausflufs fachwissenschaftlicher Voreingenommenheit angesehen werden; man müfste grade alles Erkennen, was nicht grade mathematisches Erkennen (im engeren Sinne) ist, als minderwertig erachten. Auch der naturwissenschaftliche Unterricht zielt nicht auf den Nutzen im praktischen Sinn des Worts, sondern auf das Verständnis der uns umgebenden Welt ab. Auch wird die Mathematik sich dem nicht verschliefsen können, in den „Anwendungen auf die Naturwissenschaft" ihre edelsten Blüten anzuerkennen. Wer wollte in Abrede stellen, dafs in der Gravitationslehre Newtons Naturwissenschaft und Mathematik verbündet sind? Nur in diesem Sinn eines Zusammenwirkens beider Disziplinen möchten wir auch Pietzkers Satz (d. Zeitschr. III 110) verstanden wissen, dafs auf der höchsten Klassenstufe der höheren Lehranstalten der mathematische Unterricht in den physikalischen aufgehen müsse.

In der Richtung der eben angedeuteten Auffassung liegt auch die Forderung (5) des Referenten, die wir für die praktisch wichtigste halten. Denn liegen beide Disziplinen in einer Hand, so wird sich bei ausreichender physikalischer Bildung des Lehrers von selbst jene wünschenswerte Wechselwirkung herstellen. Über diese Wechselwirkung läfst sich der Ref. (S. 56—59) des näheren aus. Es wird besonders vor der Gefahr gewarnt, die Physikstunde in eine Mathematikstunde zu verwandeln und umgekehrt. Wer gleichzeitig in derselben Stunde Mathematik und Physik treibe, leiste in beiden Fächern nichts oder doch nur verschwindend wenig. Wir können dieses Bedenken nicht teilen, sofern nur nicht vorwiegend die Physik mathematisch behandelt oder die mathematische Stunde zum Lösen physikalischer Aufgaben verwendet wird. Gewisse „Anwendungen" — z. B. Aufgaben über das Erdsphäroid im Anschlufs an die Behandlung der Ellipse — erweisen sich im mathematischen Unterricht immer wieder als erfrischende Abwechslung für Lehrer und Schüler. Auch ganze physikalische Abschnitte, wie die Lehre vom Schwerpunkt, gehören besser in den mathematischen als den physikalischen Unterricht.

Die These (7) scheint physikalische Aufgaben aus den schriftlichen Prüfungen fernhalten zu wollen. Doch wird S. 61 gesagt: „Der von Altona (G.) aufgestellte Leitsatz: „Physikalisch-mathematische Prüfungsarbeiten (-aufgaben?) sind für die Abgangsprüfung zulässig, aber nicht obligatorisch" dürfte der Mehrzahl der Ansichten am besten entsprechen." Hiermit können auch wir uns einverstanden erklären, obwohl wir freilich wünschen, dafs von der thatsächlich bestehenden Erlaubnis zu solchen Aufgaben in immer weiterem Umfange Gebrauch gemacht werde. *P.*

---

9. Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin
vom 4.—14. Oktober 1899.

Der Kursus wurde wiederum von den Herren Prov.-Schulrat Vogel und Direktor Schwalbe geleitet. Er war von 43 Herren vorwiegend aus den östlichen Provinzen besucht und wurde durch einen orographisch geologischen Ausflug auf den Brocken beschlossen.

Über die Geschichte der Gasbeleuchtung bis zur Neuzeit sprach Oberl. Dr. Lüpke. Nach einleitenden Darlegungen über die Theorie des Leuchtens wurde die Leuchtgasdarstellung eingehend behandelt, dann die Gewinnung und Verarbeitung des Erdöls, das Wassergas, das Acetylen, das Auersche Gasglühlicht (nebst der Bunteschen Theorie für dessen Leuchtkraft). Zum Schlufs wurde die Beziehung der gewonnenen Lichtmenge zur aufgewendeten Energie besprochen. Der Inhalt der Vorträge wird in einer besonderen Schrift veröffentlicht werden.

Prof. S. Gabriel besprach die neuesten Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre und gab dabei eine Übersicht über die Resultate der Forschungen von Lord Rayleigh und Prof. Ramsay unter Darlegung der von ihnen angewandten Methoden (d. Zeitschr. *XII 35*).

Dr. U. Behn trug über die Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen vor und zeigte dabei in der Hauptsache dieselben Versuche, die im vorhergehenden Kursus (Ostern 1898, d. Ztschr. XI 306) von Prof. Warburg vorgeführt worden sind. Von neuen Forschungen besprach er die Arbeiten von Dewar, denen zufolge die normale Siedetemperatur des Wasserstoffs bei —252, die Schmelztemperatur bei —256 liegt, während Luft schon erheblich oberhalb dieser Temperaturen gefriert. Taucht man ein Glasrohr mit Luft in flüssigen Wasserstoff, so erstarrt die Luft bis auf



einen geringen Rest, der dem Dampfdruck des Lufteises entspricht und elektrische Entladungen nicht mehr hindurchläfst. Ein entsprechendes Erläuterungsexperiment stellte der Vortragende mit Kohlensäure in flüssiger Luft an. (Vgl. auch d. Ztschr. *XII 352*).

Dr. P. Spies führte über Wechselstrom und Drehstrom die Versuche vor, die bereits in d. Zeitschr. (*XII 273*) beschrieben sind. Er zeigte ferner Versuche mit der Braunschen Röhre über die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch magnetische und elektrostatische Kräfte.

Prof. Dr. Munk behandelte aus der Nervenphysiologie speziell die Reflexbewegungen in Anlehnung an den Bau des Rückenmarks, ferner die Gebundenheit der Bewufstseinsvorgänge an die Grofshirnrinde und deren Lokalisierung, endlich die Regulationen des Blutumlaufs.

Geheimr. Prof. Dr. Hertwig gab einen Überblick über die ersten fundamentalen Entwicklungsprozesse des thierischen Eies.

Dr. Schott setzte den Verlauf und die wichtigsten geographischen Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auseinander und erläuterte seinen Vortrag durch Lichtbilder bezw. Photographieen.

Prof. Assmann führte die zur Erforschung der höheren Luftschichten bestimmten und geplanten Vorrichtungen vor. Durch Drachen und Ballons sollen in 3—5000 m Höhe während des ganzen Jahres Tag und Nacht Registrierungen des Zustandes der Atmosphäre vorgenommen werden. Die Ballons haben etwa 37 cbm Inhalt und Wasserstofffüllung; ein solcher Ballon trägt etwa 1500 m Draht (Klaviersaitendraht von 1,1—1,3 mm Stärke); an diesen hängt man einen Drachen Hargravescher Construktion mit 2—3 qm Fläche, der bei kräftigem Winde etwa weitere 500 m Draht trägt; ein zweiter und ein dritter Drachen tragen entsprechende Drahtlängen u. s. f., so dafs der Drachenballon bis 4000 m Höhe erreichen kann.

Prof. Dr. Schwalbe brachte alte und neue Schulexperimente zur Vorführung, darunter Versuche über die Abhängigkeit der Wärmeentwicklung elektrischer Leiter vom Widerstande, die Herstellung und Benutzung monochromatischen Lichtes, die mannigfache Verwendung des Ätherindikators (d. Ztschr. *III 265*), die Herstellung eines Geysirmodells, die Wirkung comprimierter Luft beim Mammuthbrunnen, Versuche mit komprimiertem Sauerstoff, chemische Explosionsversuche, Darstellung des endothermischen Chlortetroxyds. Demonstriert wurde ferner eine Reihe neuerer Apparate. — Derselbe sprach über Berücksichtigung der Geologie im Unterricht unter Vorführung der einschlagenden Unterrichtsmittel (d. Zeitschr. XI 217). — Derselbe sprach über Berücksichtigung der Nautik und Hygiene. Hierbei wurde eine Warmwasserheizung und Modelle für eine solche vorgeführt, ferner der Wasserabkochapparat von W. v. Siemens und Versuche über Porosität, Ventilation und Filtration. Der die Nautik betreffende Teil der Vorlesung wird in den „Unterrichtsblättern" ausführlich veröffentlicht.

Dr. H. Potonié legte die Entstehung der Kohlenflötze an der Hand von zahlreichen Materialien aus der Sammlung der Kgl. geologischen Landesanstalt dar.

Die Ausstellung war überaus reich beschickt. Wir nennen nur einige Spezialitäten der ausstellenden Firmen. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft: Funkeninduktoren, Turbinenunterbrecher, elektrische Heiz- und Kochapparate, Elektromotoren, Widerstände. Isoliermaterialien. — Otto Bohne: Selbstregistrierende Baro-, Thermo- und Hygrometer, Aneroide. — Ferd. Ernecke: Wehneltscher Unterbrecher, Apparate nach Kolbe, Johannesson, Spies. — Paul Gebhardt: solide gearbeitete Schulapparate zu mäfsigen Preisen. — A. Herbst: Apparate nach Szymanski und Koppe, Modell eines Verkaufsautomaten. — F. A. Hintze: Apparat für die Messung der Ausdehnung fester Körper (nach Merckelbach, modifiziert); Spektralapparat mit Schutzglimmerplatte und gegen Gitter auswechselbarem Prisma; Projektionsapparat mit elektrischem Bogenlicht-Handregulator oder Acetylenlampe; Projektionsbilder hervorragender Physiker, billige Spiegelgalvanometer. — Kähler u. Martini, Apparate für Elektrochemie, Heifsluftmotor nach Henrici. — Keiser u. Schmidt: Funkeninduktoren mit auswechselbaren Unterbrechern, Thermosäule nach Rubens, elektrische Mefsapparate. — Leppin und Masche: Wellenmaschine nach Thompson, Hertzsche Spiegel, Acetylenlampe zum Projektionsapparat, Schulkathetometer mit Mikrometerschraube. — E. Meckel: Projektionsapparate und Lampen. — P. Meyer: Anschlufs-Schaltbrett für eine Berliner Oberrealschule, Mefsapparate und Regulierwiderstände. — Dr. Stöhrer u. Sohn (Leipzig): Bogenlampe mit Handregulierung, Wellenapparat für stehende und fortschreitende Wellen, zur Projektion geeignet. — Alfred Wehrsen: leistungsfähige Influenzmaschinen nach Wimshurst mit Nebenapparaten.

Akkumulatoren waren von drei Firmen ausgestellt; Zimmermann & Co.: Akkumulatoren für transportablen Betrieb, eine $5\frac{1}{2}$ Volt-Lampe, die mit 3 Trockenakkumulatoren etwa 3 Stunden



gespeist werden kann; Akt.-Ges. vorm. W. A. Boese & Co.: Elemente einzeln und in Kästen zusammengestellt, mit Glas- oder Celluloidgefäfsen, nebst Pachytrop; Gülcher-Akk.-Fabrik: transportable Akkumulatoren verschiedener Typen.

Die Glasbläserei war vertreten durch W. Niehls: Apparat für die Gesetze des Gasdrucks nach Frick, Veranschaulichung der Thermometerfabrikation, Thermometer für hohe Temperaturen (bis 583°), Härteskala für Glas; und durch Max Stuhl: automatische Quecksilberluftpumpe, Wasserstrahlpumpe, Kanalstrahlenröhre nach Goldstein, Crookessche Röhren.

Correspondenz.

Der naturwissenschaftliche Ferienkursus in Göttingen für Lehrer höherer Schulen findet in diesem Jahr vom 19. April bis 1. Mai statt und umfafst folgende Vorlesungen: 1. Methodik. Oberl. Prof. Behrendsen, Behandlung der Wellenlehre im Unterricht höherer Schulen. — 2. Mathematik. Prof. Dr. Klein, allgemeine Erörterungen über die für den Schulunterricht in Betracht kommenden Teile der angewandten Mathematik und insbesondere über technische Mechanik. Prof. Dr. Schilling, darstellende Geometrie. Prof. Dr. Wiechert, elementare Geodäsie. Prof. Dr. Bohlmann, Elemente der Versicherungsmathematik. — 3. Physik. Prof. Dr. Riecke, über elektrische Entladungserscheinungen. Privatdozent Dr. Simon, lichtelektrische Versuche. Prof. Dr. Des Coudres, Gleichstrom und Wechselstrom in ihrer Verwendung bei elektrischen Centralen. Prof. Dr. Meyer, Physik der Wärmekraftmaschinen. — Der Kursus ist in diesem Jahre auf Mathematik und Physik berschränkt, wohingegen im nächsten Jahr vorwiegend Chemie und die übrigen Naturwissenschaften berücksichtigt werden sollen.

Der Berliner Ferienkursus (der 10.) findet diesmal wieder erst im Herbst statt.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Th. Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus, Berlin, Julius Springer, 1899. geb. M. 10. — **C. Merckel,** Die Ingenieurtechnik im Alterthum. Berlin, Julius Springer, 1899. geb. M. 20. — **Wilhelm Olbers,** Leben und Werke, herausgeg. von C. Schilling. II. Bd. Briefwechsel zwischen Olbers und Gaufs. Berlin, Julius Springer, 1900. M. 16. — **Faraday** and **Schönbein,** Letters 1836—1862, ed. by G. W. A. Kahlbaum and Francis Darbishire. Bâle and London, 1899. — **R. Felici,** Mathematische Theorie der elektrodynamischen Induktion. Ostwalds Klassiker No. 109. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1899. M. 1,80. — **E. von Lommel,** Lehrbuch der Experimentalphysik, 6. Aufl., herausgeg. von W. König. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. Geb. M. 7,20. — **Erich Schmidt,** Die magnetische Untersuchung des Eisens und verwandter Metalle. Encykl. d. Elektrochemie Bd. II. Halle, Wilh. Knapp, 1900. — **Max Scholtz,** Der Einflufs der Raumerfüllung der Atomgruppen u. s. w.; **W. Herz,** Molekulargröfse der Körper u. s. w.; **Julius Schmidt,** Halogenalkylate (Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge. IV. Bd., Heft 9—12 à M. 1,20). Stuttgart, Ferd. Enke, 1899. — **Lassar-Cohn,** Über das Ungeeignete der neuerdings für die Atomgewichte vorgeschlagenen Grundzahl 16,000. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs, 1900. M. 0,60. — **H. Behrens,** Mikrochemische Technik. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs, 1900. M. 2. — **H. Biltz,** Qualitative Analyse anorganischer Substanzen. Leipzig, Veit u. Co., 1900. Geb. M. 1,80. — **P. Bräuer,** Aufgaben aus der Chemie und der physikalischen Chemie. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **R. Arendt,** Grundzüge der Chemie und Mineralogie, methodisch bearbeitet. 7. Auflage. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs. M. 3. — **J. Lorscheid,** Lehrbuch der anorganischen Chemie, mit kurzem Grundrifs der Mineralogie. 14. Aufl. von Dr. F. Lehmann. Freiburg i. B., Herder, 1899. M. 3,50. — **F. Pahl,** Thomas Alva Edison der Erfinder. (Biogr. Volksbücher 78—81). Leipzig, R. Voigtländer, 1900. M. 1. — **J. M. Pernter,** Ein Versuch, der richtigen Theorie des Regenbogens Eingang in die Mittelschulen zu verschaffen. 2. Auflage mit einem Zusatz. Wien, C. Gerolds Sohn, 1900.

Sonderabdrücke: J. Elster u. H. Geitel, Beiträge z. Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität, 12. Jahresber. d. Ver. f. Naturw. in Braunschweig. — J. Elster u. H. Geitel, Über die Existenz elektrischer Jonen in der Atmosphäre, *Terrestr. Magnetism and Atm. Electr.* Dec. 1899. — B. Walter, Über die Becquerelstrahlen, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen Bd. III. — F. Stähli, Über die in Crookesschen Röhren auftretende Strahlung u. s. w., Apotheker-Ztg. 1899. — Die Probenahme, ihr Wesen und ihre Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Geifslerschen selbstthätigen Probenehmers, Chemiker-Ztg. 1899 No. 101.



Himmelserscheinungen im April und Mai 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	April 5	10	15	20	25	30	Mai 5	10	15	20	25	30	
Heliocentrische Längen.	222°	236	250	264	278	293	309	327	347	11	39	69	☿
	135	143	151	159	167	176	184	192	200	208	216	224	♀
	195	200	205	210	215	220	224	229	234	239	244	249	♁
	345	349	352	355	358	1	4	7	10	14	17	20	♂
	242	242	243	243	243	244	244	245	245	245	246	246	♃
	269	270	270	270	270	270	270	270	271	271	271	271	♄
Aufst. Knoten.	254	254	254	253	253	253	253	252	252	252	252	251	☾
Mittl. Länge.	82	148	213	279	335	51	117	183	249	315	21	86	☾
Geocentrische Rektascensionen.	89	150	206	273	342	54	123	180	242	312	19	92	☾
	357	357	0	3	8	14	21	28	36	45	56	67	☿
	56	62	68	74	79	85	90	95	99	104	108	111	♀
	14	19	23	28	32	37	42	47	52	57	62	67	☉
	358	2	6	9	13	16	20	23	27	30	34	38	♂
	249	249	249	249	248	248	247	247	246	245	245	244	♃
	275	275	275	275	275	275	275	275	275	274	274	274	♄
Geocentrische Deklinationen.	+ 22	+ 7	− 15	− 22	− 2	+ 21	+ 16	− 5	− 22	− 13	+ 12	+ 22	☾
	− 1	− 2	− 2	− 1	+ 1	+ 3	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 19	+ 22	☿
	+ 22	+ 24	+ 25	+ 26	+ 26	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 26	+ 26	+ 25	♀
	+ 6	+ 8	+ 10	+ 11	+ 13	+ 15	+ 16	+ 18	+ 19	20	21	22	☉
	− 2	− 0	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 14	♂
	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 21	− 20	− 20	♃
	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	♄
Aufgang.	17^{h}26^m	17.14	17.3	16.52	16.42	16.32	16.22	16.13	16.5	15.58	15.52	15.47	☉
	21^{h}52^m	2.19	7.56	12.49	15.2	17.40	23.0	3.27	9.5	12.33	14.17	18.23	☾
Untergang.	6^{h}38^m	6.47	6.56	7.5	7.13	7.22	7.30	7.38	7.46	7.54	8.1	8.8	☉
	13^{h}30^m	15.33	17.9	21.13	2.33	9.26	12.59	14.29	17.1	22.57	4.24	9.57	☾
Zeitgleichg.	+ 2^{m}51^s	+ 1.26	− 0.7	− 1.3	− 2.2	− 2.49	− 3.23	− 3.43	− 3.49	− 3.41	− 3.19	− 2.45	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

April 6	9^h 55^m Erstes Viertel		Mai 6	2^h 29^m Erstes Viertel
10	23 Mond in Erdferne		8	15 Mond in Erdferne
14	14 2 Vollmond		14	4 37 Vollmond
22	3 33 Letztes Viertel		21	9 31 Letztes Viertel
26	18 Mond in Erdnähe		24	7 Mond in Erdnähe
28	18 23 Neumond		28	3 50 Neumond

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	April 14	16^{h}35^m	18.27	16.42	11.3	12.58
	Mai 16	15.42	18.19	15.5	8.41	10.48
Untergang der Planeten.	April 14	4.21	11.29	5.0	19.11	20.48
	Mai 16	6.12	11.55	5.15	16.55	18.38

Constellationen. April 1 21^h ♀ im Perihel; 2 14^h ♀ ☌ ☾; 3 4^h ☿ ☌ ♂; 13 20^h ♄ stationär; 17 0^h ☿ im Aphel; 18 6^h ♃ ☌ ☾; 20 4^h ♄ ☌ ☾; 21 16^h ☿ gröſste westl. Elongation von 27°; 27 2^h ☿ ☌ ☾; 27 8^h ♂ ☌ ☾; 28 13^h ♀ in gröſster östlicher Elongation von 45°. — Mai 2 6^h ☿ ☌ ☾; 3 17^h ☿ ☌ ♂; 15 8^h ♃ ☌ ☾; 17 8^h ♄ ☌ ☾; 26 3^h ♂ ☌ ☾; 27 8^h ♃ ☍ ☉; 28 Sonnenfinsternis, siehe unten; 29 20^h ☿ obere ☌ ☉; 31 0^h ☿ im Perihel; 31 11^h ♀ ☌ ☾; 31 19^h ♀ im gröſsten Glanze.

Totale Sonnenfinsternis 1900, Mai 28. Die Totalität ist auf eine schmale Zone beschränkt, welche von Europa nur die Pyrenäische Halbinsel kreuzt. Die Erscheinung überhaupt läſst sich beobachten in Nord- und Mittelamerika, in der nördlichen Hälfte des atlantischen Ozeans und dem angrenzenden Teile des nördlichen Eismeeres, im nordwestlichen Afrika, in Europa und dem westlichen Asien. In Berlin fängt die Verfinsterung 4^h 0^m,5 M.E.Z. an und schlieſst 5^h 55^m,1. Es werden hier 0,56 des Sonnendurchmessers vom Mondschatten bedeckt.

Jupitermonde. April 2 12^{h}13^m I E; 4 12^{h}24^m III E, 14^{h}2^m III A; 9 14^{h}6^m I E; 11 16^h 21^m III E; 16 16^{h}0^m I E; 21 12^{h}17^m II E; 25 12^{h}22^m I E; 28 14^{h}52^m II E. — Mai 2 14^{h}15^m I E; 11 10^{h}38^m I E; 16 9^{h}20^m II E; 17 12^{h}9^m III E, 13^{h}48^m Austritt, letzterer hinter der ♃-Scheibe her; 18 12^{h}31^m I E; 23 11^{h}55^m II E; 25 14^{h}25^m I E.

Veränderliche Sterne. Im Mai beginnen die hellen Nächte (Mitternachts-Dämmerung etwa Mai 18 bis Juli 26) die Beobachtung der Veränderlichen zu erschweren, obschon andererseits die gröſsere Himmelsklarheit des Sommers den Schätzungen zu Hülfe kommt. Sehr günstig stehen β und *R Lyrae*. — Algols-Minima sind in diesen Monaten nicht zu beobachten.

Meteore. Maximum April 18—23, vor Aufgang des Mondes gut zu beobachten.

J. Plaſsmann, Münster.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang. **Drittes Heft.** Mai 1900.

Die Erscheinungen der Voltainduktion in schulgemäfser Darstellung.

Von

Dr. **O. Ehrhardt,** Direktor der Realschule in Karlsruhe.

I.

Im Anschluss an meinen Aufsatz in dieser Zeitschrift (*XII 63*) über „die Erscheinungen der Magnetinduktion in schulgemäfser Darstellung" stelle ich im folgenden eine Gruppe von Versuchen zusammen, die zur Erläuterung der Grunderscheinungen der Voltainduktion ausreichen dürften und auch geeignet sind, den Zusammenhang zwischen Magnet- und Voltainduktion klar zu legen. An manchen Stellen werde ich mich, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die frühere Arbeit beziehen und setze deshalb insbesondere voraus, dafs der Leser mit den Versuchsanordnungen der damals besprochenen Versuche bekannt sei.

Apparate. Zur Demonstration der Grunderscheinungen der Voltainduktion dient folgender Apparat; er ist verwendbar sowohl beim Hervorrufen der Induktionsströme durch Bewegung eines Drahtes im strommagnetischen Feld eines anderen, stromdurchflossenen, als auch zum Nachweis der Induktionsströme, welche in einem festliegenden Draht entstehen, der im strommagnetischen Feld eines zweiten solchen liegt, dessen Strom Schwankungen in der Stromstärke erfährt.

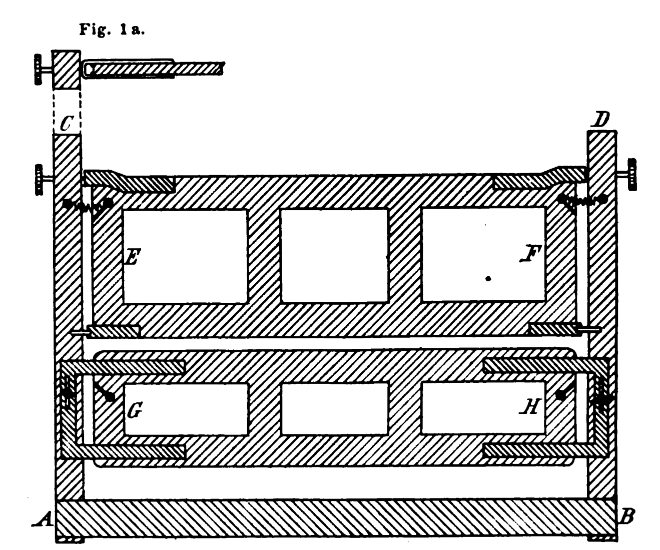
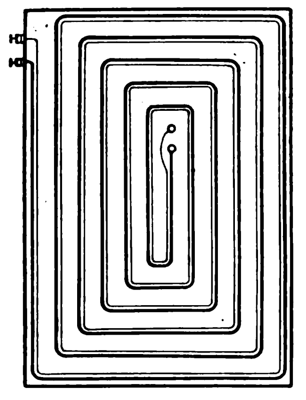


Fig. 1 u. 1a.

Vier Hartholzbalken (Fig. 1) von den Querschnittdimensionen 6/8 cm sind zu einem Rechteck gefügt von den Dimensionen 122/80 cm (aufsen gemessen) und bilden so den Fufs des Apparates; von diesem Fufs ist in der Zeichnung nur die vordere Längsseite *A B* sichtbar. In der Mitte der kürzeren Balken dieses Rechtecks stehen auf diesen zwei ebensolche *A C* und *B D* von 80 cm Länge normal zur Ebene des Rechtecks, welche einen Abstand der Innenflächen von 110 cm haben. Zwischen diesen zuletzt erwähnten Holzbalken, die durch in der Figur weggelassene Streben gehalten werden, sind zwei aus $2^1/_2$ cm dicken Holzleisten gefertigte, 105 cm lange Rahmen *E F* und *G H* mit abgerundeten Ecken befestigt. Der obere derselben ist 35 cm breit und durch eine scharnierartige Aufhängevorrichtung (Fig. 1a) um seine

obere Kante als Drehachse pendelartig beweglich. Der untere, nur 25 cm breite, ist mit Hülfe von zwei aus starkem Messingblech gefertigten Bügeln an den aufrechten Holzsäulen durch Flügelmuttern befestigt, so dafs er in der Richtung dieser Säulen um einige Centimeter verschoben und dadurch beliebig der Unterseite des oberen Rahmens genähert werden kann. Diese Bügel sind so geformt, dafs die beiden Rahmen, wenn der obere, bewegliche in der Symmetrieebene des ganzen Gestells hängt, in derselben Ebene liegen. Auf der Schmalseite der Rahmen liegen in breiten, entsprechend tiefen Rinnen die Drähte, und zwar auf dem unteren, dessen Draht den induzierenden Strom leitet, drei Windungen eines 3 mm dicken, gut isolierten *Cu*-Drahtes, auf dem oberen Rahmen 30 Windungen eines ebenfalls gut umwickelten *Cu*-Drahtes, der blank $^1/_2$ mm dick ist. An den in der Figur sichtbaren Klemmen sind die Drahtenden befestigt. Zu diesen Klemmen des unteren Rahmens wird der induzierende Batteriestrom geführt; neben diesen des oberen Rahmens stehen auf den vertikalen Holzsäulen zwei weitere Klemmen, von welchen die zum Galvanoskop führenden Leitungsdrähte ausgehen; jede dieser Klemmen steht mit der benachbarten Klemme des Rahmens in Verbindung durch einen umwickelten Spiraldraht, der die Pendelbewegung dieses Rahmens nicht hindert. Nahe dem unteren Rande des oberen Rahmens sind an diesem links und rechts in der Zeichnung sichtbare $2^1/_2$ cm breite Metallplatten festgeschraubt, die nach aufsen gegen die aufrechtstehenden Holzsäulen hin etwas vorstehen. In der Höhe dieser Metallplatten sind an den eben genannten Holzsäulen federnde, horizontal drehbare Hebel aus Messing angebracht, durch welche der obere Rahmen, wenn man ihn aus der Symmetrieebene des ganzen Apparates nach der einen oder anderen Seite herausnimmt und aus einer gewissen Höhe fallen läfst, in dem Momente festgehalten wird, in welchem er die Symmetrieebene erreicht, und zwar dadurch, dafs jene Metallplatten in Nuten der federnden Hebel eingreifen und von diesen dadurch festgehalten werden. Durch Haken kann man diese Hebel in der Nähe der Holzsäulen festhalten und dadurch beliebig lange aufser Wirksamkeit setzen. In der Figur sind diese Apparatteile nur schematisch angedeutet. — In der Nähe des beweglichen, oberen Rahmens ist am Apparate kein Eisen verwendet.


Fig. 2.

Als zweiter Apparat zum Nachweis der Induktionsströme, die in einem Draht entstehen, wenn in einem benachbarten ein Strom geschlossen oder unterbrochen wird, überhaupt Stromschwankungen auftreten, dient der folgende:

Auf einem kräftigen, rechteckigen Brett von den Dimensionen 165/114 cm wird ein (blank) 2—3 mm dicker, gut isolierter *Cu*-Draht von etwa 20 m Länge ausgepannt, wie Fig. 2 es andeutet. Diesem möglichst nahe liegt ein dünner *Cu*-Draht von gleicher Länge. Die Drahtenden sind in Contakt mit galvanischen Klemmen; mit Hülfe dieser wird der Batteriestrom zum dicken Draht, bezw. der Induktionsstrom von den Enden des dünnen zum Galvanoskop geführt. Neben den beiden Klemmen, die in der Mitte des Brettes sitzen, sind grofse Löcher durch das letztere gebohrt, damit man die mit diesen Klemmen zu verbindenden Drähte, wenn ihre Zuführung von vorn stören sollte, auch hinter das Brett legen kann. Der Apparat läfst sich auch verwenden zum Nachweis der Induktionserscheinungen beim Entladen einer Leydener Flasche.

Vorbereitende Versuche. Aus Gründen, die im folgenden ihre Erklärung finden, schicke ich den Erscheinungen der Voltainduktion einen Versuch voran, der wieder an die Fundamentalversuche der Magnetinduktion erinnert und zugleich ein vorbereitender Versuch für die neue Versuchsgruppe ist. Dieser Versuch zeigt den Induktionsstrom, der durch Schneiden der erdmagnetischen Kraftlinien mit einem ausgespannten, einfachen Drahte entsteht. Die am Experimentiertisch befindlichen, den Schülern sichtbaren Klemmen, welche mit dem Spiegelgalvanoskop verbunden sind („Galvanoskopklemmen"), werden wie für den Fundamentalversuch der Magnetinduktion (*XII 65*) durch einen Draht verbunden, der aber für unseren jetzigen Zweck mindestens 12 m lang ist. An zwei Punkten etwa des Fussbodens, die in west-östlicher Richtung so weit auseinander liegen, als die Gröfse des Zimmers es möglich macht, wird der Draht leicht befestigt, so dafs zwischen diesen beiden Punkten ein Stück des Drahtes liegt, das etwa 4 m länger ist als die Entfernung jener Punkte beträgt. Zwei Schüler, welche bei jenen Befestigungspunkten des Drahtes stehen, bewegen nun den zwischen denselben liegenden Draht rasch nach oben. Der Ausschlag der Lichtmarke des Reflexgalvanoskops zeigt die ost-westliche Richtung des Induktionsstroms (vergl. *XII 65*). Bei der Abwärtsbewegung des Drahts erfolgt der Ausschlag nach der entgegengesetzten Seite. Die weiteren Versuche zeigen, dafs ein mindestens ebenso starker Induktionsstrom entsteht, wenn der Draht so bewegt wird, dafs er bei der Bewegung eine zur Inklinationsnadel normale Ebene beschreibt (die höhere Stromstärke des Induktionsstroms im letzteren Fall, gleiche Geschwindigkeit der Drahtbewegung vorausgesetzt, ist bei dieser einfachen Versuchsanordnung kaum sicher nachweisbar), dafs aber ein Induktionsstrom nicht entsteht, wenn der Draht bei seiner Bewegung irgend eine Ebene beschreibt, die die Richtung der Inklinationsnadel enthält, weil in diesem Falle die erdmagnetischen Kraftlinien nicht geschnitten werden.

Stellt man den in Fig. 1 dargestellten Apparat so, dafs die längeren Kanten des oberen Rahmens in ost-westlicher Richtung horizontal sind, so lassen sich durch Bewegung desselben, wenn seine Drahtenden mit der Galvanoskopleitung verbunden sind, auch die durch Schneiden der erdmagnetischen Kraftlinien entstehenden Induktionsströme leicht nachweisen. Man hat dabei, wie auch bei den vorhergehenden Versuchen, nur zu beachten und darauf hinzuweisen, dafs die Richtung der erdmagnetischen Kraftlinien eines Ortes durch die von ihrem Südpol zum Nordpol zu verfolgende Richtung der Inklinationsnadel dieses Ortes in ihrer Ruhelage gegeben wird. Ferner ist bei diesen Versuchen mit dem Apparat Fig. 1 zu beachten, dafs die Bewegung des Rahmens, durch welche die Drahtlagen seiner Unterseite die erdmagnetischen Kraftlinien schneiden, in achtfacher Weise erfolgen kann, indem der Rahmen in jedem der in Fig. 3 dargestellten Quadranten in der einen oder andern Richtung bewegt werden kann. In Fig. 3 deutet der Pfeil die Richtung der Nordhälfte der Inklinationsnadel an, und OA die Lage des beweglichen Rahmens (mit der Drehachse O) in seiner vertikalen Stellung, in der er die Lage der Symmetrieebene des Apparates hat. Macht der Rahmen OA eine vollständige Umdrehung in einer bestimmten Drehungsrichtung, so wechselt der Induktionsstrom die Richtung, wenn der Rahmen durch die Lage der Geraden RS geht, in welchem Augenblick der Induktionsstrom 0 ist, während dieser das Maximum der Stärke hat — gleichförmige Drehungsgeschwindigkeit vorausgesetzt —, wenn der Rahmen durch die Lage der mit Pfeil versehenen Geraden geht. — Der untere

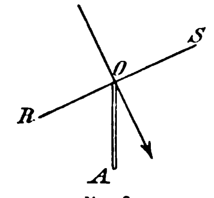


Fig. 3.

Rahmen tritt bei diesen Versuchen nicht in Verwendung und wird deshalb zweckmäfsigerweise entfernt.

Fundamentalversuche der Voltainduktion. Um nun mit dem in Fig. 1 dargestellten Apparate die Fundamentalversuche der Voltainduktion vorzunehmen, wird der untere Rahmen eingesetzt, dem oberen möglichst genähert und, um die Störung der durch Voltainduktion hervorgerufenen Ströme durch diejenigen Ströme zu verhindern, die in obigen vorbereitenden Versuchen nachgewiesen wurden, dem ganzen Apparate mit Hülfe eines rechtwinkligen, ⊾-förmigen Stativs, bei welchem die Schenkel des rechten Winkels 56 bezw. 120 cm lang sind, eine solche Stellung gegeben, dafs die längeren Kanten der Rahmen die Richtung der Inklinationsnadel haben. Dabei berührt der eine der kürzeren von den vier Holzbalken, die den rechteckigen Fufs des Appprates bilden, längs einer Unterkante den Fufsboden; das erwähnte Stativ gestattet durch eine einfache Vorrichtung, den Apparat in dieser Stellung festzuhalten. Bewegt man jetzt den oberen Rahmen, so treten, so lange der Draht des unteren Rahmens stromlos ist, keine Induktionsströme auf; denn die untere Längsseite des bewegten Rahmens schneidet bei der bezeichneten Stellung des Apparates keine erdmagnetischen Kraftlinien, da sie diesen parallel ist, und die Induktionsströme, die in den Drahtlagen der kürzeren Rechteckseiten dieses Rahmens entstehen, heben sich als entgegengesetzt gleiche Ströme auf.

Läfst man nun durch den Draht des unteren Rahmens einen Batteriestrom kreisen, so entsteht im Draht des beweglichen Rahmens beim Entfernen desselben aus der symmetrischen Stellung nach der einen oder nach der anderen Seite ein Induktionsstrom von gleicher Richtung wie der Batteriestrom; bei der Bewegung des Rahmens in die symmetrische Stellung zurück, von der einen oder der anderen Seite her, entsteht in seinem Draht ein Induktionsstrom entgegengesetzter Richtung. Diese Schlüsse ergeben sich bei den Versuchen aus dem Verlauf der Drahtwindungen der Rahmen und der Beobachtung der Ausschläge der Lichtmarke des Galvanoskops. — Wird der obere Rahmen in der symmetrischen Stellung festgehalten und der Strom des unteren geschlossen, so hat der induzierte Strom des oberen Rahmens gleiche Richtung wie bei der Bewegung des letzteren in die symmetrische Lage, während der Induktionsstrom, der beim Unterbrechen des Batteriestroms entsteht, in der Richtung übereinstimmt mit dem bei der Bewegung des Rahmens aus der Symmetrielage entstehenden. — Diese zweite Gruppe von Fundamentalversuchen kann auch mit dem in Fig. 2 angedeuteten Apparate angestellt werden; nähere Erläuterungen hierzu sind nicht erforderlich.

II.

Das strommagnetische Feld. Um den Zusammenhang zwischen der Entstehung der bei den bisherigen Versuchen über Voltainduktion beobachteten Induktionsströme und den Kraftlinien des betreffenden strommagnetischen Feldes erläutern und die Richtung jener Induktionsströme aus dem Verlaufe dieser Kraftlinien ableiten zu können, wobei sich auch Gelegenheit bieten wird, den Zusammenhang zwischen Magnet- und Voltainduktion festzulegen, werden die Kraftlinien des strommagnetischen Feldes verschiedener Strombahnen, zunächst eines geradlinigen Stroms, erzeugt. Der vertikale Leitungsdraht des letzteren durchdringt ein in horizontaler Lage gehaltenes Stück Pappe, auf welchem das aufgestreute Eisenpulver sich in den conzentrischen Kreisen der Kraftlinien jenes Stroms ordnet, sobald er geschlossen wird. Eine kleine Magnetnadel, die neben dem Draht drehbar aufgestellt wird, zeigt die Richtung jener



Kraftlinien, die rechtsdrehend ist für eine Person, die auf der Ebene der Kraftlinien steht und für die der Strom die Richtung vom Kopf zu den Füfsen hat.

In nebenstehender Fig. 4 bedeutet der schwarze Punkt in der Mitte des Kreises den induzierenden Draht, der normal zur Zeichenebene steht und dessen Strom von oben gegen die Zeichenebene gerichtet sei; der Kreis mit dem Pfeil deutet eine Kraftlinie dieses Stromfeldes an. Drei nebeneinander liegende Drähte, die in derselben Richtung von einem Strom durchflossen werden (ein Fall, der beim unteren Rahmen des Apparates der Fig. 1 vorliegt), sind mit einer Kraftlinie ihres Feldes in Fig. 5 angedeutet. — Bewegt sich ein diesen induzierenden Drähten (Fig. 4 oder 5) paralleler (geschlossener) Draht *a* von links gegen das strommagnetische Feld, so mufs nach der früher erwähnten Regel, welche die Richtung des Induktionsstroms aus dem Verlaufe der Kraftlinien giebt, im Drahte *a* ein nach oben gerichteter, also dem induzierenden Strom entgegengesetzter Induktionsstrom entstehen; dieser Schluss zeigt sich in Übereinstimmung mit der Beobachtung; diese Übereinstimmung besteht auch bei den folgenden Schlüssen. Beim Heraustreten des Drahts *a* aus dem Felde (bei *a'*) mufs der entstehende Induktionsstrom nach jener Regel dem vorigen entgegengesetzt, dem induzierenden also gleichgerichtet sein. Die mit Hülfe jener Regel sich ergebenden Richtungen der Induktionsströme, die bei der Linksbewegung des Drahtes *a* entstehen, bestätigen ebenfalls die Anwendbarkeit der oben erwähnten Regel zur Vorherbestimmung der Richtung eines Induktionsstroms: Beim Eintreten in das strommagnetische Feld ist der in dem bewegten Drahte auftretende Induktionsstrom dem induzierenden entgegengesetzt, beim Heraustreten aus dem Felde demselben gleichgerichtet. — In derselben Weise leitet man die Richtung der Induktionsströme, die ohne Bewegung des oberen Rahmens beim Schliefsen oder Öffnen des induzierenden Stroms entstehen, aus dem Verlaufe der Kraftlinien ab, die beim Schliefsen des Stroms in conzentrischen Ringen um die Strombahn sich ausbreiten, beim Unterbrechen desselben wieder in den Leitungsdraht zurückgehen. Bei der Anwendung der Regel zur Festsetzung der Richtung der Induktionsströme mit Hülfe des Verlaufs der Kraftlinien ist hierbei nur zu beachten, durch welche Bewegung des induzierten Drahtes das Schneiden der Kraftlinien durch den Draht in derselben Weise erfolgen würde, wie es bei der Ausbreitung oder beim Einschrumpfen der Kraftlinien um den festliegenden Draht geschieht; jene Bewegung des induzierten Drahtes ist die für die Anwendung der erwähnten Regel mafsgebende. — Die Induktionsströme, welche in den verschiedenen Drahtlagen unseres beweglichen Rahmens bei den obigen Versuchen entstehen, addieren sich.

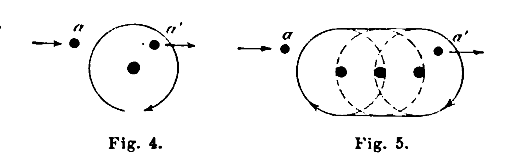


Fig. 4. Fig. 5.

Die Thatsache, dafs die Richtung der bei unseren Versuchen beobachteten Induktionsströme auf Grund der früher im Gebiete der Magnetinduktion aufgestellten Regel mit Hilfe des Verlaufs der Kraftlinien sich im voraus bestimmen läfst, beweist die Anwendbarkeit jener Regel im Gebiete der Voltainduktion und läfst erkennen, dafs in Bezug auf diesen Punkt Kraftlinien strommagnetischer Felder gleichbedeutend sind mit denen von Magnetfeldern; dabei ist vorausgesetzt, dafs als „Richtung" einer Kraftlinie immer die vom Süd- zum Nordpol zu verfolgende Richtung einer kleinen Magnetnadel definiert wird, welche im Feld drehbar so aufgestellt ist, dafs jene Kraftlinie durch ihren Drehpunkt geht.

Um sich zu überzeugen, dafs Magnetfeld und strommagnetisches Feld im wesentlichen identisch sind, dafs es möglich ist, ein Magnetfeld mit seinen Kraftlinien ledig-



lich mit einem stromdurchflossenen Draht von bestimmter Lage oder Windungsart, ohne Anwendung von Eisen, zu erzeugen, demonstriert man die Kraftlinien des strommagnetischen Feldes einer Spule ohne Eisenkern in zwei Stellungen der Spule und macht auf die Uebereinstimmung dieses Kraftlinienbildes mit dem von einem Magneten in entsprechenden Stellungen erhaltenen aufmerksam. Es dienen hierzu die beiden Spulen des in Fig. 1 der früheren Arbeit (*XII 63*) dargestellten Apparates. Erst zeigt man diejenigen Kraftlinien des Feldes der beiden aufrecht nebeneinander stehenden Spulen, die man erhält, indem auf die obere Fläche der Spulen eine ebene Glas- oder Papptafel horizontal gelegt und mit Eisenpulver bestreut wird. Es ist dann, um falschen Auffassungen der Schüler zu begegnen, nicht überflüssig, die Kraftlinien auch einer anderen Ebene des Feldes sichtbar zu machen, indem man die eine Spule horizontal legt und die Kraftlinien auf einem Stück Pappe erzeugt, welches horizontal so an das eine Spulenende gelegt wird, dafs die Achse der Spule in seiner Ebene liegt. Die Form des Pappdeckelstückes wählt man so, dafs an ein etwa quadratisches Flächenstück desselben in der Mitte einer Seite ein langer Pappstreifen normal zu dieser Seite sich anschliefst, der so breit ist, dafs er gerade in die Höhlung der Spule geschoben werden kann. Die Existenz und der parallele Verlauf der Kraftlinien in diesem Teile des Feldes ist eine dem Schüler neue und unerwartete Erscheinung. Auch zeigt sich bei dem jetzigen Versuche die büschelartige Ausbreitung der Kraftlinien an dem Spulenende schöner als bei dem vorigen. — Bei beiden Versuchen wird man auch die „Richtung“ der Kraftlinien durch Aufsetzen einer kleinen Magnetnadel zeigen. — Vorstehende Versuche dürften auch ausreichen zur Illustration der Erläuterungen, welche den zwischen Magnet- und Voltainduktion bestehenden Zusammenhang hervorheben. Nähere Ausführungen hierüber an dieser Stelle sind überflüssig.

III.

Energieverwandlungen. Über die Quelle der Energie, durch welche ein Induktionsstrom in einem festliegenden geschlossenen Draht erregt wird, wenn der Strom eines benachbarten Drahts geschlossen oder geöffnet wird, allgemein, wenn die Stromstärke dieses Stroms schwankt, sollen hier nur einige Andeutungen gemacht werden. Durch das Schliefsen des induzierenden Stroms im Drahte I bildet sich ein rasch an Stärke zunehmendes strommagnetisches Feld, dessen Verstärkung durch den im benachbarten Draht II entstehenden Induktionsstrom entgegengesetzter Richtung verzögert wird, indem sich über das Feld des Stroms I ein entgegengesetztes Feld mit umgekehrt verlaufenden Kraftlinien legt. Beim Unterbrechen des Stroms I verschwindet das strommagnetische Feld dieses Stroms und der gleichgerichtete Induktionsstrom in II erzeugt ein solches gleicher Art, verzögert also auch das Verschwinden des ersten. In beiden Fällen dauert der Induktionsstrom so lange, bis die Stromstärke des induzierenden Stroms einen constant bleibenden Betrag erreicht hat. Wir haben es hier demnach nicht mit einer wirklichen Energieverwandlung zu thun, sondern mit einem Beispiel besonderer Art von dem Prinzip der Erhaltung der Energie.

Dagegen findet beim Hervorrufen eines Induktionsstroms durch Bewegung eines Leiters im strommagnetischen Feld eines anderen eine Verwandlung von mechanischer in galvanische Energie statt; der Lenzsche Satz besteht hier wie im Gebiete der Magnetinduktion. Der Schlufs, dafs bei der erwähnten Bewegung mechanische Arbeit aufgewendet werden mufs, ergiebt sich sowohl aus den Grunderscheinungen der Elek-



trodynamik, wenn man die Richtungen der bei jenen Bewegungen entstehenden Induktionsströme beachtet, als auch aus unserem experimentellen Ergebnis, dafs Magnetfelder und strommagnetische Felder in ihrem Wesen übereinstimmen. Die Richtigkeit dieses Schlusses kann experimentell mit zwei Spulen ohne Eisenkerne bei folgender Versuchsanordnung nachgewiesen werden:

Eine auf einer Röhre *R* aus nicht magnetischem Material aufgewickelte Spule (Spule I, Fig. 6), die zur Erzeugung eines festliegenden, strommagnetischen Feldes dient, wird durch geeignete Befestigung des einerseits aus der Spule herausragenden Teiles der Röhre so aufgestellt, dafs die Spulenachse horizontal steht und die Spule, abgesehen von der zu ihrer Befestigung dienenden Röhre *R*, frei über dem Tische steht. Mit Rücksicht hierauf sind auch die Zuleitungsdrähte der Spule an der Rohrwandung entlang geführt, so dafs der Raum innerhalb und aufserhalb der Spule frei bleibt. Eine zweite Spule (Spule II) von solcher Gröfse, dafs ihr Innendurchmesser etwas gröfser ist als der äufsere Durchmesser von I, oder eine solche, die in die

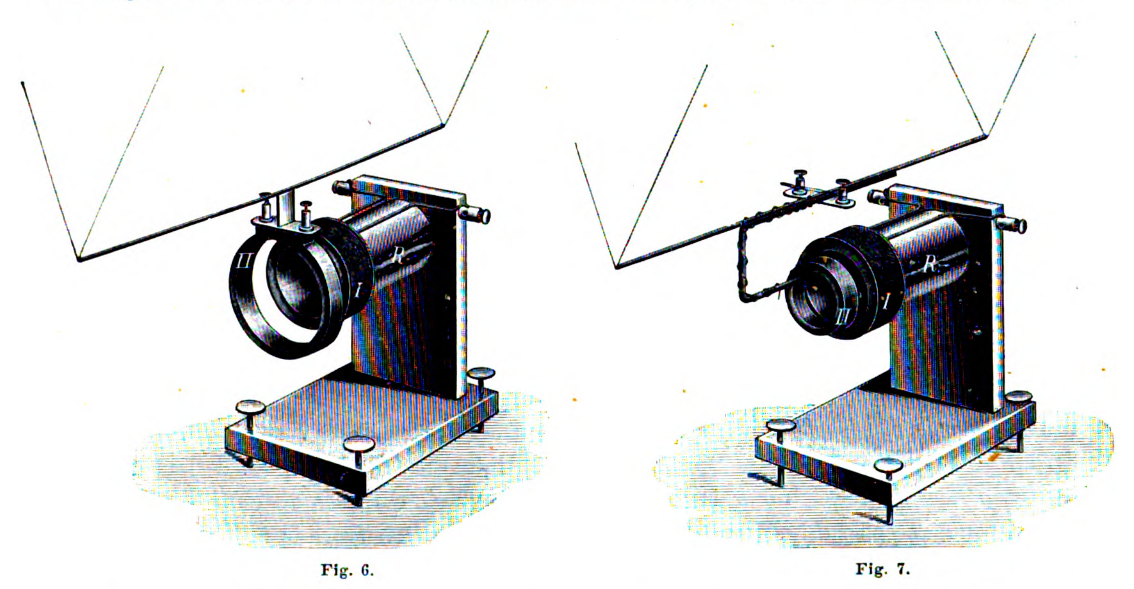


Fig. 6. Fig. 7.

Höhlung von I mit Spielraum eingeführt werden kann, wird in der aus der Fig. 6 bezw. 7 ersichtlichen Weise aufgehängt, so dafs Drehungen der beweglichen Spule um ihre Vertikalachse möglichst vermieden werden, ferner so, dafs die Achse der Spule I mit der von II und in horizontaler Richtung die in unsrer Zeichnung linke Endfläche von I annähernd mit der rechten von II zusammenfällt[1]). Wird als Spule II eine solche gewählt, die gröfser ist als I (Fig. 6), so wird der an den Enden mit Ösen versehene, 50 cm lange horizontale Draht, in dessen Ösen die Aufhängefäden befestigt sind, mit Hülfe eines vertikalen Verbindungsstückes auf dem Messingblech festgelötet, welches auf dem Spulenrahmen befestigt ist. Dieses Messingblech trägt die beiden von einander isolierten Klemmen, mit denen die Enden des Spulendrahts in Contakt sind und die zum Zuführen eines Batteriestroms oder Fortleiten eines Induktionsstroms dienen. Dieselben sitzen seitlich von dem eben erwähnten Verbindungsstück, einem aus starkem Blech ausgeschnittenen Rechteck, das in der Richtung der Spulenachse normal zu dem horizontalen Messingblech steht und so hoch gemacht wird,

[1]) In den Fig. 6 u. 7 sind die beiden Spulen der Deutlichkeit der Zeichnung wegen in horizontaler Richtung absichtlich weiter auseinander gezeichnet.



dafs der 50 cm lange, horizontale Draht bei beiden Formen der beweglichen Spule II gleichen Abstand von der Spulenachse der festliegenden Spule I hat. Dadurch ist erreicht, dafs, im Falle die unten angegebenen Versuche mit beiden beweglichen Spulen nacheinander angestellt werden sollen, die Länge der Aufhängefäden derselben nicht geändert werden mufs, vielmehr kleine Unterschiede in der Höhe der Spulenachsen der Spulen I und II, die beim Auswechseln der einen Spule II gegen die andere eintreten, mit Hülfe der Stellschrauben am Fufsbrett der Spule I ausgeglichen werden können. — Für eine Spule II, die kleiner ist als I (Fig. 7), ist die Aufhängevorrichtung ähnlich, nur steht hier der lange, von den Aufhängefäden getragene Draht mit dem Spulenrähmchen durch einen Drahtbügel in Verbindung, dem entlang die Enden des Spulendrahtes bis zu den Klemmen gelegt sind, die ähnlich wie in Fig. 6 auf einem horizontalen Messingblech sitzen; letzteres ist aber bei dieser Spule auf dem oberen, horizontalen Teile jenes Drahtbügels befestigt. — Bei beiden Formen der Spule II bilden die zur Zuleitung oder Ableitung von Strömen dienenden Drähte an den Enden lockere Spiralen, welche die Bewegung der Spule nicht stören. — Die zwei in der Zeichnung nach rechts oben gerichteten, ebenso die zwei nach links oben verlaufenden Aufhängefäden der beweglichen Spulen vereinigen sich in je einem Aufhängepunkt an der Zimmerdecke. Diese beiden Aufhängepunkte liegen etwa 270 cm über der Spulenachse; die Verbindungsgerade derselben ist normal gerichtet zur Spulenachse und ihr Abstand ist 260 cm [2]).

Um mit dem eben beschriebenen Apparat den Nachweis zu liefern, dafs beim Hervorrufen eines Induktionsstroms durch Bewegung eines Leiters Arbeit geleistet werden mufs, kann man bei der angegebenen Versuchsanordnung den in *XII 72*, Fig. 6 angedeuteten, zur Demonstration der Dämpfung dienenden Versuch hier nachahmen, wodurch der verlangte Nachweis auch geliefert ist. Man läfst die kurz geschlossene Spule II einige Zeit pendeln und schliefst dann den Strom der Spule I; die Bewegung der Spule II wird rasch gedämpft, wenn Spule I von einem kräftigen Strom durchflossen ist. — Dieser Nachweis mit der in den Fig. 6 und 7 angedeuteten Versuchsanordnung ist in der in *XII 69* (oben) angegebenen Ausführung des Versuches schwierig, wenn nicht ein ausserordentlich starker Strom für die feststehende Spule I und eine aus vielen Windungen bestehende Spule II zur Verfügung steht. Die für die meisten Schulen bestehende Schwierigkeit der Beschaffung eines genügend starken Stroms gab auch Veranlassung, für den eben angegebenen Versuch und die folgenden zur Erläuterung des Prinzips der auf Voltainduktion beruhenden elektrischen Motoren die in *XII 68*, Fig. 4 skizzierte Versuchsanordnung wegen des Reibungswiderstandes, welche bei derselben die bewegliche Spule zu überwinden hat, aufzugeben und durch die in den Fig. 6 und 7 angedeutete zu ersetzen, obgleich bei der letzteren die Schwerkraft der beweglichen Spule manchmal störend wirkt und aus diesem Grunde z. B. der in *XII 70* (letzter Satz des obersten Absatzes) angegebene Versuch hier nicht nachgeahmt werden kann.

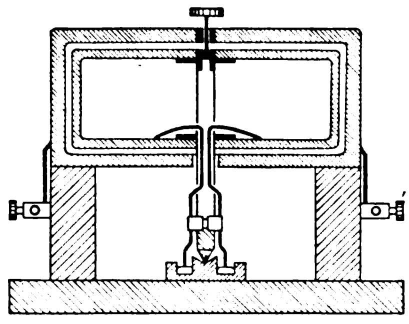
Das Prinzip der elektrischen Motoren, die auf Voltainduktion beruhen, wird

[2]) Ich lasse hier noch die wesentlichen Dimensionen der verwendeten Spulen folgen. Spule I hat 7 cm lichte Weite und einen äufseren Durchmesser von 9,3 cm, ihre Länge ist 4 cm; ihre etwa 50 Windungen bilden vier übereinanderliegende Drahtlagen, der gut isolierte Draht ist blank 1,4 mm dick; der aus der Spule herausragende Teil des Rohres, auf das die Drahtlagen dieser Spule aufgewunden sind, ist 11 cm lang. — Die Spulen II sind 2 cm lang, die gröfsere derselben wird aus etwa 210, die kleinere aus cirka 160 Windungen eines (blank) 0,7 mm dicken Drahts gebildet. Der Innendurchmesser der weiteren ist 9,8, der äufsere Durchmesser der kleineren 6,5 cm.



unter Beibehaltung des *XII 69*, Fig. 5 dargestellten Schemas für die Anordnung der Apparate und die Drahtverbindungen mit den in obigen Fig. 6 und 7 veranschaulichten Apparaten erläutert, welche an Stelle der in *XII 68*, Fig. 4 gezeichneten treten. Insbesondere ist der in dieser Fig. 4 gezeichnete Elektromagnet (Feldmagnet) hier für die Versuche der Voltainduktion ersetzt durch die Spule I. Die hier vorzuführenden Versuche entsprechen den in *XII 69* angegebenen und werden deshalb hier nur angedeutet: Während Spule I von einem Batteriestrom durchflossen ist, wird II nach rechts, gegen I hin, bewegt; der Induktionsstrom in II habe solche Richtung, dafs der Ausschlag der Lichtmarke nach rechts erfolgt; ein Batteriestrom, der in die Spule II in gleicher Richtung (Ausschlag rechts!) geschickt wird, bewegt die Spule nach links, ein entgegengesetzter Batteriestrom nach rechts.

Die in d. Ztschr. *XII 70* angegebenen Versuche mit Modellen von elektrischen Motoren hier nachzuahmen ist weniger wesentlich, da die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen der Technik (Generatoren und Rezeptoren) auf Magnetinduktion beruht. Um aber durch einige Versuche wenigstens zu zeigen, dafs die Erscheinungen ganz analog den früher hervorgerufenen verlaufen, kann man sich des Apparates bedienen, der in Müller-Pfaundlers Lehrbuch (9. Aufl. Band III Fig. 712) abgebildet ist. Es ist jedoch zweckmäfsig, für unsere Versuche den Apparat so abzuändern, dass der Rahmen der äufseren Spule etwa 10 cm über dem Fufsbrett des Apparates liegt (Fig. 8), so dafs die Stromzuleitung zum Draht des inneren Rähmchens befser übersehen werden kann. Die Rotationsachse dieses Rähmchens ist eine mit diesem fest verbundene Messingröhre, die an ihrem unteren Ende einen konisch abgedrehten Stift trägt; der letztere ruht in der conischen Vertiefung einer Stahlplatte, die auf dem mittleren Teil des Commutator-Holznapfes liegt, und trägt dadurch das innere Rähmchen. Am oberen Ende der Messingröhre sitzt eine Metallplatte, die in der Mitte eine conische Vertiefung hat, in diese ragt das conische Ende einer Schraube, welche in der Mitte des äufseren Rähmchens sitzt; dadurch erhält die Rotationsachse eine sichere Führung. Die Drahtenden des inneren Rähmchens, bezw. die Zuführungsdrähte zu diesem, liegen an der Stelle, wo die Rotationsachse desselben durch eine Öffnung im unteren Teil des äufseren Rähmchens ragt, innerhalb der Rotationsachse, wie die Zeichnung andeutet. Letztere ist eine schematische Durchschnittszeichnung, und die Weite der als Rotationsachse dienenden Messingröhre ist der Deutlichkeit wegen in doppelter Gröfse gezeichnet. Auf der Rotationsachse sitzt unterhalb der Rahmen ein aus zwei Messinghalbringen bestehender Commutator; die Schleiffedern sind in der Figur weggelassen. Jedes Drahtende der inneren Spule steht mit einem dieser Halbringe in Verbindung. Auf dem Grundbrett des Apparates ist aufserdem ein aus zwei Quecksilberhalbrinnen bestehender Commutator, zu dem die beiden von den Messinghalbringen des vorigen weiter geführten Drahtenden hinabreichen. Man kann den einen oder anderen Commutator in Wirksamkeit treten lafsen, wählt man in Betracht des geringeren Reibungswiderstandes den mit Quecksilber-Contakt, so nimmt man die Schleiffedern des oberen ab. Der hohle Raum der äusseren Spule ist bei dem verwendeten Apparat 25 cm lang und 10 cm hoch, die Breite der Spule ist 5 cm; die innere Spule mit leichtem Holzrähmchen wurde diesen Mafsen


Fig. 8.

entsprechend möglichst grofs gemacht. — Der äufsere Rahmen hat vier Lagen des Drahtes, der für die oben beschriebene Spule I verwendet wurde, auf dem inneren Rahmen liegen ebenfalls vier Lagen des Drahts, der zur Herstellung der Spulen II diente. Die Klemmen, mit denen die Drahtenden der äufseren Spule in Contakt sind, zeigt die Figur, die beiden anderen, von denen jede mit je einer Hälfte der Commutatoren in Verbindung ist, stehen neben dem Quecksilbercommutator, vor bezw. hinter demselben, auf dem Fufsbrett des Apparates.

Dieses Maschinchen entspricht in der Wirkungsweise, wenn in der äufseren Spule ein Batteriestrom kreist, und der innere Rahmen mit der Hand umgedreht wird, einer magnetelektrischen Gleichstrommaschine (einer Wechselstrommaschine dann, wenn die Commutatoren aus je zwei vollständigen, von einander isolierten Messing- bezw. Quecksilberringen bestehen). Wenn auch dem inneren Rahmen ein Batteriestrom zugeführt wird, entspricht obiger Apparat einem magnetelektrischen Motor; es lassen sich mit demselben die in *XII 70* bezw. *347* angegebenen Versuche wiederholen. Schaltet man die beiden Spulen hintereinander in denselben Stromkreis ein, so entspricht der Apparat in Bezug auf den Stromlauf und die Drehungsrichtung des Ankers einem dynamoelektrischen Motor mit Serienschaltung. Verbindet man die Leitungsdrähte der Batterie mit den Klemmen des äufseren Rahmens (oder mit den beiden in der Figur nicht sichtbaren Klemmen des beweglichen Rahmens) und legt von jeder dieser Klemmen einen Verbindungsdraht zu je einer der Klemmen des anderen Rahmens, so sind die beiden Rahmen, der feste und der bewegliche, parallel geschaltet, und man ahmt durch diese Verbindung die Schaltung und Wirkungsweise eines dynamoelektrischen Motors mit Nebenschlufsschaltung nach. Bei dieser Schaltung wie bei der vorigen (beide Rahmen hintereinander) bewirkt die Umkehrung der Stromrichtung nicht eine Umkehrung der Drehungsrichtung des rotierenden Rähmchens (Ankers), während bei der Schaltung des Apparates, bei welcher derselbe einem magnetelektrischen Motor entspricht, die Umkehrung des Stroms in der einen der beiden Spulen auch die Umkehrung der Drehungsrichtung der beweglichen Spule zur Folge hat. Es zeigt sich also auch in diesem Punkte vollständige Übereinstimmung mit den entsprechenden Erscheinungen der Magnetinduktion. — Als Dynamomaschine (Generator) kann der Apparat (indem man die zur Batterie führenden Drähte, statt sie mit dieser zu verbinden, miteinander verbindet), natürlich nicht wirken, weil kein strommagnetisches Feld, das dem remanenten Magnetfeld entspräche, vorhanden, also eine dem Dynamoprinzip entsprechende Wirkungsweise dieses Apparates nicht möglich ist[3]).

Zur Nachahmung der Planetenbewegungen durch Magnete und durch Kreiskegelschwingungen.

Von

Prof. Dr. **Alois Höfler** in Wien.

I.

Die schönen Versuche von Salcher (diese Zeitschr. *V 129*, *VI 109*) sind gewifs von vielen Lehrern als Rettung aus der Gefahr begrüfst worden, in den Kapiteln Centralbewegung, Planetenbewegung, Gravitationsgesetz u. s. f. für mehrere Wochen ganz

[3]) Alle im vorstehenden beschriebenen Apparate wurden nach meinen Angaben in der Werkstätte der Realschule zu Karlsruhe hergestellt.



von aller experimentellen Behandlung abgetrennt und auf blofse „Kreide- und Schwamm-Physik" angewiesen zu bleiben[1]).

Als ich Salcher's Versuche nach seiner Angabe mit Eisenkugeln, die auf einer Glasplatte an dem Pol eines Elektromagnets vorbeizurollen haben, wiederholte, zeigten sich aber doch einige Unbequemlichkeiten: namentlich die, dafs es nicht ganz leicht ist, eine völlig ebene Platte zu bekommen und sie ganz wagrecht zu stellen, und dafs etwaige kleine Abweichungen von der Kugelform einen raschen Energieverlust bewirken, der sich beim ungleichmäfsigen Rollen sozusagen deutlich hörbar macht. (Die sorgfältig gerundeten Stahlkugeln für Kugellager dürften wieder den Nachteil haben, dafs sie schwerer eine ausgiebige magnetische Influenz annehmen, als Kugeln aus weichem Eisen.) Beiden Unbequemlichkeiten ist abgeholfen, indem man die Eisenkugel als konisches Pendel um den Pol kreisen läfst. (Eine solche Versuchsanordnung entwirft zu anderem Zwecke Mach, Gesch. d. Mech., III. Aufl., S. 209.) Ist nur der Faden lang genug, so ist die Schwerkraftscomponente[2]) so klein, dafs sie gegenüber der magnetischen Anziehung immerhin vernachlässigt werden kann; jedenfalls ist sie kleiner als die Reibung der Kugel an der Platte.

Bei der Ausführung solcher Versuche erhält man nun zwar recht schöne elliptische Bahnen, bei denen uns namentlich ein sehr rasches Wandern der Apsidenlinie auffällt. Im Unterricht mufs es natürlich genügen, auf diese Thatsache als solche aufmerksam zu machen und höchstens eine vorübergehende Bemerkung daran zu knüpfen, dafs bei den wirklichen Planetenbewegungen ein solches Wandern nur in sehr geringem Mafse stattfindet. Für die tiefere theoretische Verarbeitung des ganzen Versuches aber macht eben diese Erscheinung am stärksten darauf aufmerksam, dafs das Kraftgesetz, welches zwischen Sonne und Planeten gilt, nämlich $1/r^2$, hier jedenfalls nicht realisiert ist. Denn ist die Kugel aus weichem Eisen und wird sie durch den elektromagnetischen Pol angezogen, nachdem sie selbst durch Influenz magnetisch geworden ist, so hängt ja die Polstärke selbst wieder vom Abstande ab. Und überdies giebt es ja im Kügelchen zwei einander nahe entgegengesetzte Pole, was auch dann noch gilt, wenn das Kügelchen aus Stahl und ein permanenter Magnet wäre. Beides bildet ganz ebenso auch einen Einwand gegen die Salchersche Versuchsanordnnng.

Dieser Umstand veranlafste Herrn Dr. Tuma zu dem Vorschlage, nicht einen Eisen- oder Stahlmagneten, sondern einen Elektromagneten um den Pol des grofsen Elektromagneten kreisen zu lassen. Es ging aber nicht an, statt des Kügelchens einen bewickelten Eisenstab an die Pendelschnur anzubinden, denn hierbei pendelte, wie vorausgesehen, der Stab für sich um die Befestigungsstelle so stark, dafs die elliptische Bewegung ganz verdeckt war. Es wurde also der Elektromagnet an einem

[1]) In solche artet dieser, bei der richtigen, d. h. auf wirkliche Beobachtung einiger Planetenbewegungen gegründeten Behandlung der himmlischen Mechanik fesselndste Abschnitt des ganzen Mechanikunterrichtes jedenfalls aus, wenn, wie es gelegentlich empfohlen wurde, in der VII. Gymnasialklasse „die Planeten als blofse Kreidepunkte definiert" und erst am Schlusse der VIII. Klasse die allerersten Anfangsgründe der Astronomie gelehrt — oder aus Zeitmangel auch ganz übergangen werden.

[2]) Immerhin ist es von theoretischem Interesse, dafs gerade die so sich ergebende Schwerkraftscomponente, welche annähernd direkt proportional ist dem Abstande der Kugel vom Pol, zusammen mit der Coulombschen Anziehung die Kraftfunktion $Ar + \frac{B}{r^2}$ ergiebt — die einzige, für welche der Satz von der Anziehung der Kugeln auf äufsere Punkte gilt (vgl. meinen Aufsatz, diese Zeitschr. *XIII 65*).

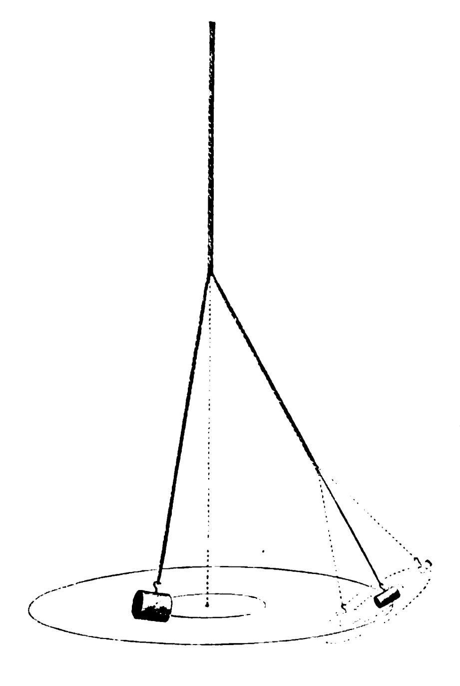
langen leichten Bambusrohr befestigt und dieses in seinem Schwerpunkte cardanisch (nach allen Seiten drehbar) aufgehängt[3]).

Mit dieser Vorrichtung nun lassen sich in der That die elliptischen, parabolischen und hyperbolischen Bewegungen recht schön zeigen; namentlich wenn sowohl der Pol des grofsen wie des kleinen Elektromagneten mit glänzenden Metallknöpfen umgeben wurden, was auch das sonst immer wiederkehrende Aneinanderfahren und Haftenbleiben der Pole zu verhindern hat. Besonders schön ist die Abänderung des Versuches, den einen der Pole durch Benutzung des Commutators zu wechseln, also statt Anziehung Abstossung eintreten zu lassen, wobei der Pol des kleinen Elektromagneten in hyperbolischen Bahnen, die gegen den grofsen Pol convex sind, diesem ausweicht, bezw. ihn in sternförmigen Figuren umkreist.

II.

Noch viel einfacher als die Versuche mit Magneten sind die folgenden, welche insbesondere veranschaulichen, dafs beim Kreisen zweier Massen um einander nicht der Centralkörper bezw. sein Schwerpunkt (wie es nach den ursprünglichen Kepler'schen Gesetzen wäre), sondern deren gemeinschaftlicher Massenmittelpunkt den Centralpunkt darstellt und als solcher in relativer Ruhe bleibt.

Es werden einfach die mit Haken versehenen Gewichtstücke, z. B. von 1000 g und von 200 g, an gewöhnliche Spagatschnüre (Bindfäden) gebunden und diese an der Decke des Zimmers befestigt (s. Fig.). Dreht man dann die Schnüre zusammen und läfst die Massen wieder los, so werden sie durch die sich wieder aufdrehenden Schnüre in kreisende Bewegung versetzt. Die Bahnradien verhalten sich dabei verkehrt wie die Massen[4]). Es wird natürlich im Unterrichte je nach Zeit und Bedarf darauf hinzuweisen sein, inwieweit hier die dynamischen Bedingungen ähnlich und inwieweit sie verschieden sind von denen bei der Massenanziehung. Die Veranschaulichung kann noch weiter gehen, indem zwischen die um einander kreisenden Massen eine elastische Feder gespannt wird, die sich, je gröfser die Winkelgeschwindigkeit wird, umsomehr ausdehnt. Wird statt der Feder ein Faden zwischengeschaltet, so ist er vor einer bestimmten Geschwindigkeit des Kreisens schlaff, von dieser Geschwindigkeit an zwar gespannt, aber nicht, wie die Feder, zu verlängern; wird er nun durch eine unter den ruhenden Schwerpunkt des Systems gehaltene Kerzenflamme durchgebrannt, so fliegen die Massen mehr oder weniger heftiger auseinander und nehmen neue Bahnen des Kreisens an.



[3]) Die Versuchsanordnung hatte sich hiermit sehr derjenigen genähert, welche, wie wir erst nachträglich aufmerksam gemacht wurden, schon in den älteren Auflagen von Müllers Kosmischer Physik angegeben ist. Es war dort nur statt eines Holzstabes mit Elektromagnet ein langer Magnetstab empfohlen, was eine minder bequeme, wohlfeile und wirksame Durchführung des Gedankens sein dürfte.

[4]) Vgl. den Aufsatz, S. 67 des vorigen Heftes, Anm. über die Beziehung dieses Versuches zu Machs Definition des Massenverhältnisses durch das reziproke Verhältnis der Bahnradien b : a.

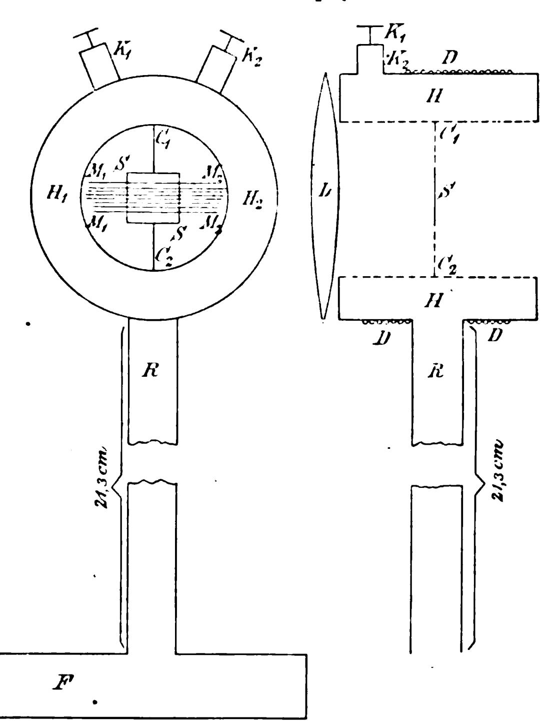


Der Versuch gelingt auch bei einiger Übung dann noch leicht, wenn 20—30 cm oberhalb der kleineren Masse an deren Schnur ein Zwirnsfaden mit einer noch kleineren Masse, z. B. von 20 g, befestigt und um diese in gleichem Windungssinne vor dem Zusammendrehen der Schnüre herumgeschlungen wird. Beim Aufdrehen der Schnüre bedarf es dann meistens eines dem kleinsten Gewichte im passenden Zeitpunkt erteilten Anstofses, damit dieses auch das kleinere umkreise. Das Ganze giebt dann eine drastische Veranschaulichung des Kreisens des Mondes um den Planeten, während dieser um die Sonne kreist. Bei einer vertieften Behandlung ist hier auch das Vorbild für die NEWTONsche Methode gegeben, aus den Bewegungen eines Mondes das Massenverhältnis der Planeten zur Sonne zu berechnen. — Indem jede der Schnüre für sich sich aufzuquirlen und das angebrachte Gewicht in Rotation zu versetzen pflegt, giebt die einfache Versuchsanordnung sogleich einen starken Eindruck von der Verwicklung himmlischer Bewegungen. Diese Verwicklung läfst sich in hübscher Weise wieder vereinfachen, wenn auch diese Kreisungen in Schattenprojektion (vgl. den vorigen Aufsatz, *XIII 65*) vorgeführt werden; ja ich habe beobachtet, dafs hier die Anschauung von der Recht- und Rückläufigkeit des Mondes dem Zuschauer noch stärkere Zeichen des Beifalls entlockt als die vollere Anschauung vom Kreisen selbst. Jedenfalls bringt dieses Projizieren kräftig zum Bewufstsein, dafs wir ja auch von dem Kreisen der Himmelskörper um einander zunächst nichts als die Projektionen auf das Himmelsgewölbe beobachten können.

Galvanometerversuche.

Von
Prof. **Adami** in Hof.

Der Mangel eines empfindlichen Galvanometers macht sich beim physikalischen Unterricht sehr fühlbar. Nicht alle Anstalten verfügen über die nötigen Mittel, um sich aus den renommierten Werkstätten feine Apparate verschaffen zu können. Man ist vielmehr häufig gezwungen, die Instrumente selbst anzufertigen, was vielfach nur mit Aufwand von Zeit, Mühe und pekuniären Opfern möglich ist.



Ein empfindliches Galvanometer kann nun auf folgende Weise angefertigt werden:

In einen Fufs F (s. Fig. = $^2/_3$ n. Gr.) aus Blei oder Compositionsmetall ist ein Messingrohr R eingelassen, das oben eine Galvanometerspule H trägt, an deren Vorderseite eine Biconvexlinse L angebracht ist. In der Spule befindet sich ein Hohlcylinder aus Bein oder aus Aluminium; in diesem sind an einem Coconfaden C_1 C_2 magnetisierte Nähnadeln M_1 M_2, welche auf einen Spiegel S geklebt sind, aufgehängt. K_1 K_2 sind Klemmschrauben, D die Drahtwindungen der Galvanometer-



spule. Vor der Linse wird eine Lichtquelle, entweder eine Lampe mit Spalt oder elektrische Glühlampe aufgestellt und der dadurch hervorgebrachte Lichtfleck auf einem Projektionsgitter aufgefangen. Letzteres hat den Vorteil, dafs man die Versuche anstellen kann, ohne das Zimmer verdunkeln zu müssen.

Die Versuche, die mit einem solchen Galvanometer auf der 71. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in München in der Abteilung: „Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht" angestellt wurden, waren folgende:

1. 10,5 m vom Galvanometer entfernt wurde ein kleiner Magnetstab hin- und herbewegt. Der Lichtfleck zeigte eine deutliche Ablenkung.

2. Ein mit dem Galvanometer verbundener Zink- und ein ebensolcher Kupferdraht wurde in destilliertes Wasser getaucht. Man erhielt eine sehr starke Ablenkung, aus der die Richtung des Stromes zu ersehen war.

3. Zwei isolierte Kupferdrähte von 4,5 m Länge waren parallel neben einander ausgespannt, und der eine davon war mit dem Galvanometer verbunden. Schickt man durch den anderen einen Strom von einem Trockenelement, so erhält man den Induktionsschliefsungsstrom, ebenso bei der Unterbrechung des Stromes den Öffnungsinduktionsstrom.

4. Zwei Induktionsspulen von 3 cm Höhe und 3 cm Durchmesser waren nebeneinander auf dem Tisch aufgestellt und eine davon mit dem Galvanometer verbunden. Schickte man in die andere den Strom eines Trockenelements, so erhielt man gleichfalls Induktions-Schliefsungs- und -Öffnungsströme.

5. Während der Strom in der einen Spule geschlossen blieb, wurde die andere Spule der ersten genähert oder von ihr entfernt. Man erhielt gleichfalls Induktionsströme.

6. Der Strom in der ersten Spule wurde durch einen Widerstand geschwächt oder verstärkt. Man konnte noch die Wirkung von 1 Ohm Widerstand zeigen.

7. Ein gerader Draht von 12 cm Länge und 2 mm Dicke, dessen Enden mit dem Galvanometer verbunden waren, wurde an dem einen Pol eines 4 mm dicken und 12 cm langen Magneten vorbeigeführt. Man erhielt die Magneto-Induktionsströme.

8. Der Draht wurde in einem halbkreisförmigen Bogen über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung war stärker.

9. Eine ganze Windung des Drahtes wurde über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung war noch stärker.

10. Ein Draht in mehreren Windungen wurde über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung nahm noch mehr zu.

11. Mehrere Windungen eines Drahtes wurden über den einen Pol eines gröfseren Magneten geschoben. Der Lichtfleck wurde über das ganze Gitter hinweg abgelenkt.

12. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Kupfer- (Zink-, Manganin-, Stahl-, Eisen-, Aluminium-) Drähte, sowie zwei Platinbleche wurden in destilliertes Wasser getaucht. Man erhielt eine starke Ablenkung.

13. Desgleichen, wobei statt Wasser Methylalkohol, der vollkommen wasserfrei war, benutzt wurde. Die Wirkung war schwächer.

14. Mit Schwefeläther gelingt der Versuch nur, wenn man eine Galvanometerspule von hohem Widerstand nimmt.

15. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Kupferdrähte wurden in eine rohe Kartoffel gesteckt. Die Ablenkung war stark.

16. Schnitt man die Kartoffel an dem einen Ende mit dem Messer an, so erhielt man in dem Moment, wo das Messer den Kupferdraht berührte, eine sehr starke Ablenkung. Wurde der aufserhalb der Kartoffel befindliche Teil des Kupferdrahtes mit dem Messer berührt, so war die Ablenkung minimal.

17. Derselbe Versuch mit einer gekochten Kartoffel. Die Wirkung war die gleiche, obwohl in dem Werk: Tierische Elektrizität, Vorlesungen von Augustus D. Waller (Leipzig, Veit & Cie. 1899), Seite 3 zu lesen ist: „Die Wirkung bleibt vollständig aus, wenn die Kartoffel durch Kochen getödtet worden ist."



18. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Zinkdrähte wurden in einen Rettich gesteckt. Man erhielt eine starke Ablenkung.

19. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Stahldrähte wurden in Quecksilber gesteckt. Es zeigte sich eine Bewegung des Lichtflecks.

20. Ebenso bei zwei Platinblechen.

21. Jeder der beiden mit dem Galvanometer verbundenen Stahldrähte wurde in ein Glasgefäfs, das mit Quecksilber gefüllt war, gesteckt und die beiden Glasgefäfse mit einem Stahldraht überbrückt. Man erhielt eine Ablenkung.

22. Derselbe Versuch, nur fand die Überbrückung durch zwei Finger statt. Es entsteht gleichfalls ein Strom. Aber der in dem obengenannten Werk Seite 96 angegebene Strom der „Inneren Polarisation" beim Menschen läfst sich nicht mit Anwendung von Wasser hervorbringen. Man erhält nämlich sofort einen Strom, wenn man jeden von zwei mit dem Galvanometer verbundenen Kupferdrähten in ein Glasgefäfs mit Wasser taucht und dann mit Kupferdraht überbrückt. Man müfste daher auch von einem „Inneren Polarisationsstrom" des Kupfers sprechen.

23. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Stücke eines und desselben Metalldrahtes (z. B. Kupfer, Zink, Eisen, Aluminium etc.) wurden mit einander in Berührung gebracht. Man erhält jedesmal eine Ablenkung des Lichtflecks.

24. Desgleichen mit den beiden Stücken einer vor den Augen der Versammlung abgebrochenen Stricknadel.

Aus den angestellten Versuchen geht die Thatsache hervor, dafs es möglich ist, mit zwei Stücken eines und desselben chemisch reinen Metalles durch gegenseitige Berührung Elektrizität zu erzeugen.

25. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Drähte verschiedener Metalle (z. B. Kupfer und Zink, Eisen und Aluminium etc.) wurden mit einander berührt. Die Ablenkung war viel stärker.

26. Wurden die Drähte vertauscht, so änderte der Strom seine Richtung.

27. Desgleichen, wenn man statt der Drähte Metallplatten, die an Schellackgriffen angefafst wurden, benutzte.

28. Ein an beiden Enden mit dem Galvanometer verbundener Kupferdraht wurde zwischen den Polen eines kleinen Hufeisenmagneten bewegt. Die Ablenkung ging bald nach rechts, bald nach links.

29. Mit einer ebenso eingerichteten Drahtschleife wurde derselbe Versuch angestellt. Die Wirkung war stärker.

30. Ein vollständig geschlossener Kupferring trug zwei Kupferdrähte, die diametral an den Ring gesteckt und mit dem Galvanometer verbunden waren. Dreht man den Ring zwischen den Polen des kleinen Hufeisenmagneten, so erhält man gleichfalls einen Strom.

31. In einen Holzcylinder war eine 5 mm breite und ebenso tiefe Rinne eingedreht und dieselbe mit Blumendraht ausgewickelt. Eine einzige Windung aus Kupferdraht war um diesen Blumendrahtring geschlungen und ihre Enden mit dem Galvanometer verbunden. Man erhielt bei der Drehung dieses Apparates zwischen den Polen des Hufeisenmagneten einen Strom bei 90° und 180° Drehung in derselben Richtung. Die Richtung änderte sich, sobald weiter bis 270° und 360° gedreht wurde.

32. Derselbe Versuch, nur waren statt einer einzigen Kupferdrahtwindung zwei einander diametral gegenüberstehende Windungen angebracht. Die Wirkung war stärker.

33. Die beim 4. Versuch gebrauchte Induktionsspule wurde in die Richtung der Inklinationsnadel gehalten. Die Ablenkung war stark.

34. Die Induktionsspule lag auf dem Tisch und wurde horizontal herumgedreht. Man erhielt gleichfalls Induktionsströme, ebenso wenn die Spule auf- und abwärts bewegt wird.

35. Windet man einen Draht in Form einer Spirale von 12 Windungen und verbindet die Enden dieses Drahtes mit dem Galvanometer, so erhält man einen Strom, wenn man diese Spirale in die Richtung der Inklinationsnadel bringt.



36. Durch den menschlichen Körper wurden in der Weise Ströme hervorgebracht, dafs man mit den beiden Händen entweder zwei Kupfer-, oder Zink-, oder Eisen- etc. Drähte, welche mit dem Galvanometer verbunden waren, berührte.

37. Die Wirkung war viel stärker, wenn man mit der einen Hand z. B. einen Kupfer-, mit der andern Hand einen Eisen- oder Aluminiumdraht berührte.

38. Vier Personen reichten sich die Hände. Die erste berührte einen Kupferdraht, die letzte einen Zinkdraht, welche beide mit dem Galvanometer verbunden waren. Man erhielt so einen Strom.

39. Macht man eine Kupferplatte mit der Zunge feucht und bringt dieselbe an eine andere Kupferplatte, welche ebenso wie die erste Kupferplatte mit dem Galvanometer verbunden ist, so erhält man einen starken Strom. Reifst man die beiden Platten von einander, so erhält man einen Strom von gleicher Richtung und gröfserer Stärke.

40. Wird eine von zwei mit dem Galvanometer verbundenen Kupferplatten erwärmt und mit der anderen berührt, so geht der Strom von der kalten zur warmen Platte.

Es sei noch bemerkt, dafs, wo es nicht ausdrücklich angegeben ist, die Metalldrähte durchaus mit Kautschukhandgriffen angefafst und vor jedem Versuch mit feinstem Schmirgelpapier frisch abpoliert wurden.

Die Übereinstimmung der statischen mit der dynamischen Elektrizität wird durch folgende Versuche erwiesen:

1. Hält man an das eine Ende einer mit dem Galvanometer verbundenen Doppelschnur einen geriebenen Kautschukstab, während man das andere Ende der Doppelschnur in der Hand hält oder frei herabhängen läfst, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

2. Nimmt man statt des Kautschukstabes eine geriebene Glasstange, so schlägt der Lichtfleck nach der entgegengesetzten Seite aus.

Beide Versuche gelingen auch, wenn man statt der Doppelschnur einen einzigen Draht verwendet, nur mufs die zweite Klemmschraube des Galvanometers mit dem Erdboden in leitender Verbindung sein.

3. Nimmt man das eine Ende eines mit dem Galvanometer verbundenen Drahtes in die Hand, verbindet ferner eine auf einem Kautschukstiele befestigte Metallkugel durch einen Draht mit der zweiten Klemmschraube des Galvanometers, nimmt diesen Kautschukstiel in die Hand und läfst von dem Deckel eines Elektrophors einen Funken auf die Metallkugel überschlagen, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

4. Wird die Kautschukplatte eines Elektrophors mit einem isolierten Draht, der zum Galvanometer führt, berührt, hierauf der Deckel des Elektrophors abgehoben, so dafs er an einen zweiten mit dem Galvanometer verbundenen isolierten Draht anstöfst, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

5. Die Ablenkung wird stärker, wenn die Kautschukplatte in einem Metallteller liegt, und man zuerst den Teller, dann die obere Seite des Deckels mit je einem Draht, welcher mit dem Galvanometer verbunden ist, berührt.

Die letzten Versuche wurden in der Weise angestellt, dafs sich der Experimentator 8—10 m vom Galvanometer entfernt aufgestellt hatte.

Versuche über das Zwei- und Dreileitersystem.

Von

J. Beuriger in Bonn.

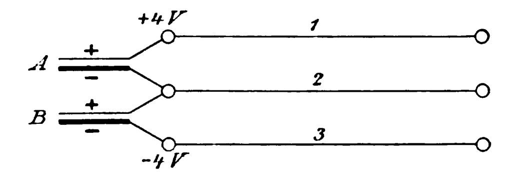
Auch mit einfachen Hülfsmitteln lassen sich diese Versuche bei niedrigen Spannungen durchführen, wenn als Stromquelle Akkumulatoren (oder parallel geschaltete Bunsenelemente) benutzt werden, da wegen des geringen innern Widerstandes die Klemmenspannung nahezu constant bleibt. Die käuflichen 4-V.-Lampen eignen sich nicht zu den Versuchen, da sie auf geringe Änderung der Stromstärke bei der Kürze des Kohlenfadens nicht genügend



reagieren. Am geeignetsten wären 4-V.-Lampen mit langen, also dickeren Kohlenfäden, die aber einen ziemlich starken Strom verbrauchen. Da solche Lampen nicht zu erhalten waren, so verwendete ich Platindrähte von 6,5 cm Länge, 0,32 mm Dicke und 1/8 Ohm Widerstand, die in passende Halter eingespannt und direkt auf die Leitungsdrähte aufgelegt wurden. Die Leitungen waren 1 1/2 m lang und bestanden entweder

aus Kupferdraht	(2,5 mm dick,	Widerstand	0,0035	Ohm pro m),
oder Messingdraht	(1,15 - -	-	0,066	- - -)
oder Stahldraht	(1,11 - -	-	0,115	- - -)

Den Strom lieferten zwei Akkumulatorenbatterien (transportable) A und B zu je 4 Zellen, von denen je zwei Zellen nebeneinander geschaltet waren. Wie aus der Figur ersichtlich, ist der positive Pol von A mit der Leitung 1, der negative von A und der positive von B mit der Leitung 2 und der negative Pol von B mit der Leitung 3 durch kurze dicke Kupferdrähte verbunden. Die Leitung 1, 2 bezw. 2, 3 kann nun als Zweileitersystem mit 4-V.-Spannung, die Leitung 1, 3 als solche mit 8-V.-Spannung betrachtet werden, während alle drei Leitungen das Dreileitersystem darstellen.



Folgende Versuche wurden mit diesen einfachen Hülfsmitteln angestellt:

A. Zweileitersystem.

1. Eine Glühlampe in der Nähe der Klemmen brennt hell. Schiebt man sie weiter zurück, so zeigt sich bei Benutzung der Kupferdrahtleitung keine Verminderung der Helligkeit, dagegen wohl bei den beiden andern Leitungen aus Messing- oder Stahldraht. Bei Stahldraht kommt die Lampe in einer Entfernung von etwas über 1 m kaum noch zu schwacher Glut.

2. Fügt man zu der ersten Lampe in der Nähe der Klemmen eine zweite, so brennen beide Lampen gleich hell. Bei der Kupferdrahtleitung tritt in gröfserer Entfernung durch die Einschaltung einer zweiten Lampe nur eine kleine Helligkeitsverminderung ein. Dagegen tritt schon in geringer Entfernung von den Klemmen eine solche bei den andern Leitungen ein und an der Stelle, an welcher eine Lampe noch mit mäfsiger Rotglut brannte, kamen zwei parallel geschaltete Lampen nicht mehr zum Glühen.

Die Änderung der Lichtstärke in beiden Lampen, falls man eine derselben nach der Stromquelle hin oder von ihr fort bewegte, war deutlich sichtbar.

B. Dreileitersystem.

Es wurde bei diesen Versuchen nur noch die Messing- und Stahldrahtleitung benutzt.

3. Schaltet man zwischen 1, 2 eine Glühlampe und darauf eine solche zwischen 2, 3, so brennt jede Lampe heller als eine allein.

4. Verschiebt man die Lampen, so brennen sie in solcher Entfernung im Dreileitersystem noch hell, wo im Zweileitersystem nur schwache Rotglut eintritt.

5. Belastet man beide Zweige gleichmäfsig, so kann man ohne Störung die Verbindung des Mittelleiters mit den Akkumulatoren unterbrechen oder auch die Isolation dieses Leiters gegen die Erde verringern oder aufheben. Der mittlere Draht ist stromlos.

6. Sind die Zweige ungleich belastet, enthält etwa der eine Zweig 1, 2 zwei und der Zweig 2, 3 eine Lampe, so ist der mittlere Draht nicht mehr stromlos. Sobald man seine Verbindung mit den Akkumulatoren löst, tritt ein helleres Brennen im schwächer belasteten Zweig ein, doch ist die Änderung um so geringer, je näher das Verhältnis der Belastungen der Einheit liegt. (Drei Lampen in einem, zwei im andern Zweige.)

7. Die Leistung des Dreileitersystems erstreckt sich etwa auf die doppelte Entfernung wie beim Zweileitersystem. Die Messingdrahtleitung ist wegen ihres geringern Widerstands günstiger als die Stahldrahtleitung. Ersetzt man nun den Mitteldraht in der Messingdrahtleitung durch Stahldraht, so hat dies bei nahezu gleichmäfsiger Belastung beider Zweige keinen Einflufs auf die Helligkeit. Die Mittelleitung kann also einen gröfsern Widerstand (halber Querschnitt) besitzen und frei in die Erde verlegt werden.

Diese Versuche zeigen, dafs beim Dreileitersystem eine bedeutende Kupferersparnis erzielt wird. Wegen der doppelten Spannung braucht man für jede Leitung nur den halben Querschnitt und statt vier Leitungen für die beiden Leitungskreise nur deren drei, sodafs also beim Dreileitersystem man nur $^3/_8 = 37,5\,\%$, wenn der Mittelleiter denselben Querschnitt wie die Aufsenleiter hat, und nur $^5/_{16} = 31,25\,\%$ bei halbem Querschnitt des Mittelleiters desjenigen Kupfers bedarf, welches beim Zweileitersystem erforderlich wäre.

C. Versuche mit andern Stromquellen.

Verwendet man Stromquellen, bei denen der innere Widerstand verhältnismäfsig grofs ist (Trockenelemente, Gülchersche Thermosäule), so mufs der Platindraht bedeutend kürzer genommen werden und die Unterschiede in den Lichtstärken bei den verschiedenen Entfernungen treten nicht so deutlich auf, da in diesem Falle die Spannungsdifferenz an der Anlegestelle der Lampe wegen der veränderlichen Klemmenspannung nicht mehr in einem einfachen Verhältnis zur Entfernung der Lampe von den Klemmen steht.

Diese sämtlichen Versuche lassen sich natürlich auch zur Erläuterung des Ohmschen Gesetzes verwerten.

Zur Theorie der physikalischen Mafssysteme und Dimensionen.

Von

P. Volkmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität Königsberg i. Pr.

I.

Die Theorie der physikalischen Mafssysteme und Dimensionen hat bekanntlich, seit Gaufs und Weber sich die Aufgabe stellten, alle physikalischen Messungen auf Mafse der Mechanik zurückzuführen, wiederholt die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf sich gezogen, welche, wohl durch die Aufnahme des Wortes „absolut“ in die Terminologie der Mafssysteme verleitet, in dem eingeführten Hülfsmittel der Dimensionen mehr zu sehen glaubten, als thatsächlich darin steckt[1]). Ich folge einer Aufforderung des Herrn Herausgebers, wenn ich im Folgenden meine Anschauungen über die Bedeutung, welche den Dimensionen physikalischer Begriffe in Verbindung mit den Mafssystemen zukommt, an der Hand einer historisch-erkenntniskritischen Studie mitteile.

Von vornherein will ich zur Orientierung des Folgenden bemerken, dafs es sich empfehlen wird, die übliche Bezeichnung „absolut“ in dem erwähnten Zusammenhang ganz zu streichen. Es wird Hauptaufgabe meiner Studie sein, den Nachweis zu führen, dafs das sogenannte „absolute Mafssystem der Physik“ eine Reihe nach sehr verschiedenen Grundsätzen und Gesichtspunkten gebildeter Mafssysteme in sich begreift, in welchen die Thatsachen und Gesetze der Natur nicht minder wie die Terminologie des wissenschaftlichen Systems ihren Ausdruck gefunden haben.

Ich glaube meine Aufgabe am besten lösen zu können, wenn ich die theoretische Frage nach der Zahl und Wahl der postulierenden Grundbegriffe für die theoretischen Systeme der Physik gesondert von der praktischen Frage nach den Mafssystemen und den ihnen zu Grunde liegenden Einheiten behandle. Ich beginne mit den Grundbegriffen der Mechanik und dem mechanischen Mafssystem.

II.

Die Mechanik will wie jede physikalische Disziplin als ein in sich geschlossenes wissenschaftliches System dargestellt sein, dessen innere Sicherung und Festigkeit durchaus als

[1]) Es möge zur Bekräftigung meiner Anschauung auf die Anmerkung verwiesen werden, welche sich im Vorwort, S. IV, des neuen „kleinen Leitfadens der praktischen Physik“ von F. Kohlrausch, Leipzig, 1900, befindet. Die Aufnahme der Theorie der Dimensionen in den elementaren Unterricht der Schule scheint mir nicht ohne Bedenken — Bedenken, in denen ich durch die in dieser Zeitschrift geführten Discussionen bestärkt worden bin.



eine gegenseitige — von einzelnen Teilen ausgehende und auf einzelne Teile rückwirkende — angesehen sein will[2]). Die Verbindung der einzelnen Teile des Systems erweist sich im Gebiete der Wirklichkeit d. h. im Gebiete der der Beobachtung und Messung zugänglichen Erscheinungen als so verwickelt, dafs für den Erkenntnisprozefs nichts anderes übrig bleibt, als mit dem Versuch zu beginnen, den ganzen Reichtum der Wirklichkeit bezw. der Erscheinungen auf gewisse von einander unabhängige Grundbegriffe wie auf Coordinaten zu beziehen.

Diese Grundbegriffe werden bei der Einführung in das Studium als solche zu postulieren sein, ohne dafs ihr Inhalt und ihre Tragweite sofort genau umgrenzt und präzisiert werden könnte; sie stellen zunächst nur Anweisungen für die Zukunft dar, welche die weitere Entwickelung und Darstellung der Wissenschaft in ihrer Fruchtbarkeit nachzuweisen haben wird. Als solche Begriffspostulate hat die Entwickelung der Mechanik bis auf Galilei die Anschauungen bezw. die Begriffe des Raumes und der Zeit ergeben, die Physik Newtons bereicherte diese postulierenden Grundbegriffe um den Begriff der Masse.

Mit diesen in uns mehr oder weniger ausgebildeten Anschauungen des Raumes, der Zeit und der Masse gehen wir in die Erscheinungen der Mechanik hinein. Allenthalben finden wir in der von der Mechanik behandelten Wirklichkeit Vorgänge vor, bei denen wir an die genannten Anschauungsformen einzeln oder zusammen anknüpfen können. Da wir überhaupt bei der Erscheinungen Flucht uns nur an ruhenden Polen orientieren können, fordern wir zu unserer Orientierung die begriffliche Unabhängigkeit der Anschauungsformen bezw. Begriffe von Raum, Zeit und Masse von einander.

Wie der Geometer die von ihm zu untersuchenden räumlichen Gebilde auf drei räumliche Coordinaten bezieht, welche als Hülfsinstrument zur Bequemlichkeit des Studiums d. h. zur Entlastung des immerhin nur beschränkt entwickelten Anschauungsvermögens in uns eingeführt werden, so bezieht der Physiker die von ihm zu untersuchenden, wesentlich verwickelteren Erscheinungen auf eine gröfsere Anzahl von Bezugsstücken, welche wir gleichfalls als Hülfsinstrument uns eingeführt denken und in erweiterter Bedeutung ebenfalls Coordinaten nennen können[3]). Haben die räumlichen Gebilde in üblicher Ausdrucksweise im allgemeinsten Falle drei Dimensionen, so werden wir es in dem erwähnten Sinne als eine wissenschaftlich durchaus erlaubte Erweiterung der Terminologie betrachten dürfen, wenn wir nunmehr die mechanischen Begriffe als Gebilde auffassen, denen nicht nur in Bezug auf den Raumbegriff, sondern auch in Bezug auf den Massen- und Zeitbegriff ein grösserer Reichtum von Dimensionen zukommen kann, als ihn rein geometrische Gebilde aufweisen.

---

[2]) Der Gedanke, dafs das System der Mechanik wie jedes physikalische System durch rückwirkende und durchaus gegenseitige Verfestigung der einzelnen Teile getragen wird, liegt meinen vor kurzem erschienenen Vorlesungen zu Grunde: „Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis“, Leipzig, 1900.

Hierher gehört auch eine Aeufserung von Hertz: „Es läfst sich nicht jede einzelne Formel besonders durch die Erfahrung prüfen, sondern nur das System als Ganzes. Mit dem Gleichungssystem der gewöhnlichen Mechanik liegt ja die Sache kaum anders“. Hertz ges. Werke, Bd. II, S. 210.

[3]) Die erweiterte Bedeutung, die ich der Bezeichnung „Coordinate“ beilege, kommt in gewissem Sinne den Kantschen Spekulationen über die transcendentale Idealität der für uns aprioristischen Zeit- und Raumanschauungen entgegen. Ebenso wie wir die in der analytischen Geometrie benutzten Coordinaten als ein den zu untersuchenden geometrischen Gebilden durchaus fremdes Beiwerk anzusehen haben, auf welches wir jene zu untersuchenden Gebilde nur zur bequemeren Orientierung für unseren Verstand eingeführt haben, so können wir die Beziehungen der physikalischen Vorgänge auf zeitliche und räumliche Anschauung überhaupt im Sinne Kants als Beziehungen auf ein fremdes Beiwerk betrachten, welches mit „den Dingen an sich“ nichts zu thun hat und nur für unseren Organismus bequem liegt. — Als dritte solche Anschauungsform würde zu den Kantschen Anschauungsformen der Zeit und des Raumes noch der Massenbegriff hinzuzutreten haben.

Die Hauptsache ist, dafs die Entwickelung der Mechanik Raum, Zeit und Masse als geeignete, unabhängig von einander bestehende Bezugsbegriffe erwiesen hat, durch welche der Reichtum der mechanischen Wirklichkeit seinen naturgemäfsen Ausdruck findet[4]).

III.

Nachdem nun einmal die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse für das theoretische System der Mechanik als von einander unabhängige Begriffspostulate proklamiert sind, auf welche Aufbau und Entwickelung der Disziplin bezogen werden soll, kann davon gar nicht mehr die Rede sein, die Begriffe theoretisch weiter auf einander zurückführen zu wollen; es hätte theoretisch überhaupt keinen Sinn, dies thun zu wollen. Praktisch bietet sich allerdings in mehrfacher Richtung die Möglichkeit, die Einheiten für die drei Grundbegriffe auf einander zurückzuführen, dann erhebt sich aber die Frage nach der praktischen Zweckmäfsigkeit — eine Frage, die für die allgemeine Mechanik in diesem Abschnitt behandelt werden soll.

Man kann praktisch einmal, ohne an spezielle natürliche Vorgänge zwischen Massen in Raum und Zeit anzuknüpfen, wie solche einzelne Naturgesetze an die Hand geben, willkürliche Verfügungen treffen, bei denen, wie das z. B. bei der Begründung des metrischen Systems vor einem Jahrhundert versucht wurde, für die praktische Herstellung einer Mafseinheit der Masse auf die Längeneinheit zurückgegangen wird.

Wenn man aber berücksichtigt, dafs Massen mit Hülfe der Wage viel genauer unter einander verglichen werden können als Längen unter einander mit Hülfe von Comparatoren, wenn man weiter berücksichtigt, dafs für die praktische Realisierung der nach dem metrischen System auf die Längeneinheit basierten Masseneinheit noch weitere praktische Schwierigkeiten auftreten, welche eine Herabminderung der erwünschten Genauigkeit zur Folge haben, so wird man es verstehen, dafs die heutige Metronomik den Gedanken an eine präzise Realisierung des metrischen Systems aufgegeben hat, und nunmehr die Einheiten der Länge und der Masse in Übereinstimmung mit dem theoretischen System der Mechanik unabhängig von einander definirt, wobei der ursprüngliche Gedanke des metrischen Systems als eine erste sehr starke und für viele Zwecke bequeme und ausreichende Annäherung erhalten bleibt.

Man kann praktisch sodann unter spezieller Bezugnahme auf einzelne Naturgesetze die Möglichkeit erweisen, Einheiten der drei Grundbegriffe auf einander ganz oder teilweise zurückzuführen. Das Newtonsche Gravitationsgesetz und das darauf basierte Gravitationsmafssystem der praktischen Astronomie kann hier als Beispiel herangezogen werden[5]). Setzt

[4]) Es mag hier noch des Vorschlages von Ostwald (1891) gedacht werden, in den drei fundamentalen Bezugsbegriffen den Begriff der Masse durch den der Energie zu ersetzen. Bei der innerhalb des physikalischen Systems in manchen Beziehungen ähnlichen Stellung des Satzes von der Erhaltung der Masse einerseits und des Satzes von der Erhaltung der Energie andererseits wird die theoretische Möglichkeit eines solchen Ersatzes zuzugeben sein. Die Frage nach dem wirklichen Ersatz ist eine Frage der Zweckmäfsigkeit, deren Beantwortung sich im Laufe physikalischer Untersuchungen mit den Zwecken ändern kann. Praktisch ist hervorzuheben, dafs der Massenbegriff, nachdem man über die Einheit der Massengröfse einmal schlüssig geworden ist, in der einfachsten präzisesten Weise eine Realisierung bezw. Vergleichung zuläfst, was man von dem Energiebegriff nicht wird sagen können.

[5]) Das Gravitationsmafssystem setzt die Constante des Newton'schen Gravitationsgesetzes numerisch gleich der Einheit und definiert zwei Masseneinheiten als der einander gleichen Massen, welche in der Einheit der Entfernung die Einheit der Beschleunigung hervorrufen. Unter Rücksicht auf den Werth der Gravitationsconstanten im C.G.S.-System 67.10^{-9} [$gr^{-1}\ cm^3\ sec^{-2}$] berechnet sich die Gröfse dieser Masseneinheit zu circa 15 000 Kilogramm. Die Dimension der Masse ergiebt sich in dem Gravitationsmafssystem aus:

$$\left[\frac{m^2}{l^2}\right] = [m\, l\, t^{-2}] \qquad \text{zu:} \qquad [m] = [l^3\, t^{-2}].$$

Man vergleiche meine schon citierten Vorlesungen Seite 101 — 105. Dort findet sich auch Näheres über die Möglichkeit der Ableitung einer Zeiteinheit aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz, auf welche im Text Bezug genommen ist. Ich komme am Anfang des fünften Abschnittes auf das Gravitationsmafssystem zurück.

man irgendwie eine Längeneinheit fest, so gestattet übrigens das Gravitationsgesetz in seinen verschiedenen Anwendungen nicht allein eine Masseneinheit, sondern auch eine Zeiteinheit abzuleiten.

Für die praktische allgemeine Mechanik kann eine derartige Zurückführung der drei Grundeinheiten auf einander darum wieder keine grofse Bedeutung haben, weil die praktische Herleitung der erwähnten Massen- und Zeiteinheiten aus der Längeneinheit mit erheblich gröfseren Fehlern behaftet ist, als die Vergleichung von Massen oder Zeiten unter einander.

IV.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung des theoretischen Systems der elektrischen und magnetischen Erscheinungen und haben hier wieder die Frage nach der Zahl und Wahl der zu postulierenden Grundbegriffe sorgfältig zu trennen von der Frage nach der Möglichkeit einer etwaigen praktischen Zurückführung der Mafseinheiten für diese Grundbegriffe auf einander, wie solche die speziellen Naturgesetze für die elektrischen und magnetischen Gröfsen darbieten.

Die im Laufe der geschichtlichen Entwickelung in Betracht kommenden elektrischen und magnetischen Kräfte tragen bekanntlich einen doppelten Charakter, auf der einen Seite einen ponderomotorischen[6], auf der anderen einen elektro- bezw. magnetomotorischen (Induktionserscheinungen). Das Coulombsche Gesetz für die Elektrostatik vereinigt noch beide Charaktere von Kräften in sich, aber dann teilt sich die geschichtliche Entwickelung des Studiums beider Kräfte.

Zunächst stand im Vordergrund des Interesses die Aufdeckung der ponderomotorischen Wirkungen und mit ihr die stoffliche Auffassung der Elektrizitäts-, Magnetismus- und Strommengen. Bei der durch die gleiche Abhängigkeit von der Entfernung nahegelegten Parallelität der Gesetze von Coulomb, Laplace und Ampère mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz erscheint die Anschauung bevorzugt, dafs die in Betracht kommenden Kräfte gewissen postulierten Mengen bezw. Massen proportional sind — bei Newtons Gesetz den ponderabeln Massen, bei den elektrischen und magnetischen Gesetzen den imponderabeln Massen.

War Coulomb der erste, welcher durch Aufstellung seines Gesetzes die Möglichkeit erwies, der Ausarbeitung der elektrostatischen Begriffe eine gröfsere Präzision zu geben, so kann es bei dem Einflufs, den die geschichtliche Reihenfolge der physikalischen Entdeckungen auf die Gestaltung des wissenschaftlichen Systems naturgemäfs ausübt, nicht wunderbar erscheinen, dafs die durch die beiden ponderomotorischen Coulombschen Gesetze in ihrer Gröfse präzisierten Begriffe der Elektrizitäts- und Magnetismusmenge in Wissenschaft und Unterricht bis auf den heutigen Tag eine gewisse Bevorzugung geniefsen.

Wäre Örsteds Entdeckung älteren Datums gewesen und hätte Laplace im Anschlufs an die Biot-Savartschen Messungen und Ampère im Anschlufs an seine eigenen Messungen vor Coulomb das Gesetz der ponderomotorischen, elektromagnetischen und elektrodynamischen Wirkungen aufgestellt, so wäre der heutige Begriff der Stromstärke, sei es in seiner elektromagnetischen, sei es in seiner elektrodynamischen Bedeutung als das naturgemäfse Begriffspostulat erschienen, aus dem man den Begriff der Elektrizitätsmenge abgeleitet hätte. Die Entwickelung der Technik, welche nicht viel nach dem Ursprung der Begriffe fragt, hat es mit sich gebracht, dafs thatsächlich der Begriff der Stromstärke eine Art praktisches Begriffspostulat bildet.

Dem bisher kurz skizzierten Entwickelungsgange der elektrischen und magnetischen Theorieen haftete der Mangel an, dafs den ihnen zu Grunde liegenden Mengenbegriffen der elektrischen und magnetischen Masse bezw. der Stromstärke die Eigenschaft fehlt, welche die ponderable Masse in so hervorragendem Grade als Grundlage für das theoretische Begriffssystem und für das praktische Mafssystem als geeignet erscheinen läfst und auszeichnet: die Eigenschaft der Unzerstörbarkeit und Erhaltung. Dieser Mangel setzt die Zweckmäfsigkeit eines Postulates imponderabler Mengen für die Theorie in Zweifel — ein

[6] Ich folge hier der zuerst von C. Neumann eingeführten, sehr zweckmäfsigen Terminologie.



Zweifel, welcher nur bestärkt wurde, als die weitere Entwickelung das Interesse an den elektromotorischen Wirkungen und mit ihm die Auffassung der Potentialtheorie in den Vordergrund rückte; danach spielt der Begriff der Masse die Rolle als Träger der Wirkung, als Wirkungsgröfse.

Hatte der Ausgangspunkt der theoretischen Entwickelung das Coulombsche Gesetz für elektrostatische und magnetische Wirkungen beiderlei Kräfte die ponderomotorischen und die elektromotorischen bezw. magnetomotorischen Wirkungen in sich vereinigt, so strebte die weitere Entwickelung wieder einem solchen Vereinigungsziele zu: die Mannigfaltigkeiten der elektrischen und magnetischen Erscheinungen unter einheitlichen Gesichtspunkten zu begreifen. Ein solches Ziel verfolgten die Maxwell-Hertzschen Forschungen, in anderer Weise hatten es zuvor die W. Weberschen Forschungen zu erreichen versucht.

Ob die Hertzschen Gleichungen dieses Ziel erreicht haben, kann hier ganz dahingestellt bleiben, jedenfalls sucht aus ihnen Hertz die ganze Fülle und Mannigfaltigkeit der Gesetze der elektrischen und magnetischen Erscheinungen abzuleiten; alle elektrischen und magnetischen Gesetze der älteren Entwickelung, die Gesetze von Coulomb, Ampère, Laplace etc. erscheinen als spezielle Fälle eines höheren umfassenden Gesetzes. Die systematische Auffassung ist dabei dualistisch[7]), sie wurzelt in dem Postulat von der Einheit der elektrischen und der Einheit der magnetischen Kraft, oder auch der Einheit der elektrischen und der Einheit der magnetischen Energie.

V.

Wir nehmen nun die Frage nach den elektrischen Mafssystemen und nach den Dimensionen der elektrischen Begriffe auf. Wir vergegenwärtigen uns die Mannigfaltigkeit der im Gebiet der elektrischen und magnetischen Erscheinungen herrschenden Mafssysteme und fragen, wie werden wir diese Mafssysteme in ihrer Eigenart charakterisieren können?

Das mechanische Mafssystem stand nach unserer Darstellung in engster Fühlung zum systematischen Aufbau der Mechanik und zu ihrer praktischen Begründung. Raum, Masse, Zeit waren nicht blofs die Begriffspostulate, welche die Entwickelung der Mechanik theoretisch gezeitigt hat, sondern auch die Gröfsen, welche sich in hervorragendem Grade zur Grundlage eines praktischen Mafssystems der Mechanik eignen.

Die elektrischen Mafssysteme weisen dagegen eine gewisse Ähnlichkeit mit dem aus der praktischen Astronomie bekannten, unter III berührten Gravitationsmafssystem auf. Die Astronomie wird in ihrem ganzen Umfang von dem Newtonschen Gravitationsgesetz beherrscht und verläfst daher in keinem ihrer Teile die Sphäre dieses Gesetzes. So kommt es, dafs die Astronomie, wenn auch nicht theoretisch, so doch praktisch den Begriff der Masse entbehren kann; dieser Begriff spielt wesentlich die Rolle einer Rechnungsgröfse, wie sie sich etwa aus dem dritten Keplerschen Gesetz ergiebt, oder wie sie der Definition entspricht: Zwei Masseneinheiten wirken in der Einheit der Entfernung die Einheit der Beschleunigung.

Jedes einzelne elektrische Mafssystem wird nun ähnlich wie das Gravitationsmafssystem von einem bestimmten speziellen Naturgesetz beherrscht. So kommt es, dafs die praktische Mefskunst in dem Gebiete der Elektrizität eine Reihe fundamentaler Mafse entbehren zu können scheint, welche der theoretische Aufbau des elektrischen Systems fordert, welche aber praktisch wieder nur die Rolle von Rechnungsgröfsen zu spielen scheinen. Was weiter die Mannigfaltigkeit des elektrischen Mafssystems betrifft, so basiert diese wesentlich auf der Mannigfaltigkeit der speziellen elektrischen und magnetischen Naturgesetze, nach denen jene ihren Namen tragen.

[7]) Die W. Webersche systematische Auffassung möchte ich der Maxwell-Hertzschen dualistischen gegenüber als wesentlich monistisch charakterisieren, sie wurzelt in dem Postulat der Einheit der elektrischen Wirkungen unter Zugrundelegung des W. Weberschen Gesetzes mit dem Begriff der elektrostatischen Masse und der Zurückführung der magnetischen Wirkungen darauf unter Zugrundelegung der bekannten Ampèreschen Vorstellungen.



Gaufs basierte das nach ihm benannte Mafssystem auf den ponderomotorischen Wirkungen der nach den Coulombschen Gesetzen gegebenen elektrostatischen und magnetischen Kräfte, ihm schlossen sich Helmholtz und Hertz in ihren Arbeiten an. W. Weber basierte das elektromagnetische Mafssystem auf den ponderomotorischen, elektromagnetischen und magnetischen Wirkungen. F. Neumann basierte das elektrodynamische Mafssystem[8]) auf den ponderomotorischen elektrodynamischen Wirkungen. Clausius ersetzte in den Weberschen Verfügungen die magnetischen Wirkungen durch die Ampèreschen Vorstellungen über den Magnetismus. Bei der Mannigfaltigkeit der elektrischen und magnetischen Wirkungen und bei der Möglichkeit die Begriffe in verschiedener Weise auf einander zurückzuführen und zu beziehen, sind auch noch andere Verfügungen denkbar.

Diese Mannigfaltigkeit der Verfügungen der Mafseinheiten und damit auch der Dimensionen kann nichts überraschendes haben, wenn man sich den Unterschied klar macht, der zwischen dem wissenschaftlichen System der Mechanik in Verbindung mit dem mechanischen Mafssystem auf der einen Seite und zwischen dem wissenschaftlichen System der Elektrizität in Verbindung mit den elektrischen Mafssystemen auf der anderen Seite besteht. Von einer Conformität zwischen den elektrischen Theorieen und den elektrischen Mafssystemen in dem Sinne, wie eine solche in der Mechanik vorliegt, wird um so weniger gesprochen werden können, als die Wahl der den elektrischen Theorieen zu grunde zu legenden Postulate in der Entwickelung der Disziplin mehrfach gewechselt hat, ja bis auf den heutigen Tag wohl eine strittige ist; jedenfalls gehen diese Postulate über die Postulate der Mechanik hinaus.

In der praktischen Mechanik erscheinen die der theoretischen Mechanik zu grunde liegenden Hauptpostulate als Grundmafse mit besonders zählenden Dimensionen wieder. In der praktischen Elektrik erscheinen, wie in der praktischen Astronomie, Gröfsen, die beim theoretischen Aufbau der Disziplin unzweifelhaft die Rolle von Postulaten spielen, als Rechnungsgröfsen und damit als abgeleitete Mafse ohne besonders neu zählende Dimensionen. Die daraus folgende Analogie der elektrischen Mafssysteme mit dem Gravitationsmafssystem läfst sich noch weiter verfolgen, insofern in beiden Systemen die abgeleiteten fundamentalen Einheiten der Disziplin sich viel weniger genau feststellen lassen, als Gröfsen derselben Art unter einander verglichen werden können. Die Genauigkeit, mit der die Masseneinheit für das Gravitationsmafssystem bestimmt werden kann, steht in keinem Verhältnis zu der Genauigkeit, mit der Massen unter einander verglichen werden können — und wenn die Genauigkeit, mit der z. B. das Ohm als elektromagnetisches Widerstandsmafs durch Siemenseinheiten ausgedrückt wurde, eine erheblich gröfsere ist, so ist doch auch hier hervorzuheben, dafs sie jedenfalls geringer ist, als die Genauigkeit, mit der galvanische Widerstände unter einander praktisch verglichen werden können.

Wenn man nun vielleicht darum die elektrischen Mafssysteme als mechanische Mafssysteme bezeichnet hat, weil die geschickte Anwendung gewisser elektrischer Naturgesetze die Mafse der elektrischen Gröfsen auf die Mafse der Mechanik zurückzuführen gestattet hat, so werden wir nach dem Vorhergehenden, um Mifsverständnisse abzuschneiden, hervorzuheben haben, dafs dieser Bezeichnung „mechanisches Mafssystem“ dann in Bezug auf die elektrischen Gröfsen eine andere Bedeutung innewohnt, als in Bezug auf die mechanischen Gröfsen. Hand in Hand damit geht, dafs den Dimensionen der mechanischen Begriffe eine weitere Bedeutung untergelegt werden kann, als den Dimensionen der elektrischen Begriffe.

So wenig nach dieser Darlegung den Dimensionen der elektrischen Begriffe und ihrer Abweichung von einander in den verschiedenen elektrischen Mafssystemen eine tiefere theoretische Bedeutung beizulegen sein wird, so läfst sich dagegen der Thatsache, dafs in dem Verhältnis der Dimensionen einer und derselben elektrischen Gröfse im elektrostatischen und im elektromagnetischen Mafssystem einfache Potenzen einer Geschwindigkeitsgröfse (Maxwells kritische Geschwindigkeit) auftreten, doch wieder eine tiefere theoretische Bedeutung bei-

[8]) Abgesehen von einem Zahlenfaktor weist bekanntlich das elektrodynamische Mafssystem keinen Unterschied mit dem elektromagnetischen auf.



legen[9]). Die Aufgabe der Theorieen besteht eben mit darin, Ergebnissen der Forschung, die zunächst als merkwürdig erscheinen möchten, eine tiefere Deutung zu geben; in dieser Hinsicht hat z. B. die Maxwellsche Theorie die Deutung gegeben, dafs es nur eine elektrische und nur eine magnetische Kraft giebt, dafs die frühere Unterscheidung elektrostatischer, elektromagnetischer bezw. elektrodynamischer Kräfte nur auf gewisse Grenzfälle einer und derselben elektrischen Kraft Bezug hat, und dafs das allgemeine Gesetz dieser elektrischen Kraft Maxwells kritische Geschwindigkeit als Constante der Natur in sich enthält. (Man vergleiche die Maxwell-Hertzschen Gleichungen.) Maxwell hat dann bekanntlich über diese Deutung hinaus auf der Thatsache, dafs die kritische Geschwindigkeit mit der Lichtgeschwindigkeit identisch ist, die elektromagnetische Lichttheorie begründet.

VI.

Ich stelle die Resultate meiner Betrachtungen in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die theoretische Frage nach den postulierenden Grundbegriffen der physikalischen Systeme ist auseinander zu halten von den praktischen Fragen nach der Einführung der Einheiten der Mafssysteme und der Theorie ihrer Dimensionen, wenngleich die Herstellung einer gegenseitigen Beziehung als wünschenswerthes Ziel vorschweben mag.

2. In der Mechanik finden sich die theoretischen Forderungen, denen Postulate zu genügen haben, und die praktischen Forderungen der physikalischen Mefskunst z. B. durch das C.G.S.-System in Übereinstimmung gebracht.

3. Jede engere mechanische Disziplin, wie die praktische Astronomie, deren Grenzen durch das Gültigkeitsbereich eines speziellen Naturgesetzes — wie das Newtonsche Gravitationsgesetz — gegeben sind, gestattet durch eben dieses Naturgesetz praktisch eine Einschränkung der Grundmafse, ohne dafs das tiefere theoretische Verständnis dadurch etwas gewinnt.

4. Die Systematisierung der elektrischen und magnetischen Erscheinungen erfordert die Hinzunahme neuer physikalischer Postulate, unabhängig von den speziellen elektrischen und magnetischen Naturgesetzen. Eben diese Naturgesetze gestatten aber auch hier praktisch eine Einschränkung der Grundmafse, ohne dafs das tiefere theoretische Verständnis dadurch etwas gewinnt.

5. Auf der praktischen Verwertung spezieller Naturgesetze zur Reduktion der durch die physikalischen Postulate geforderten Grundmafse beruht die Möglichkeit mannigfaltigster Verfügungen und das Auftreten gebrochener Potenzen in den Dimensionen der elektrischen und magnetischen Begriffe. Den so entstandenen Dimensionen ist kein tieferer theoretischer Sinn beizulegen.

6. Maxwells kritischer Geschwindigkeit, welche in dem Verhältnis der elektrostatischen und elektromagnetischen Gröfsen eine Rolle spielt, wird in der Maxwellschen Theorie insofern ein tieferer Sinn beigelegt, als diese Geschwindigkeit in den Maxwell-Hertzschen Grundgleichungen vorkommt, welche die Gesamtheit der elektrischen und magnetischen Erscheinungen begreifen wollen.

---

[9]) Hertz hat bekanntlich aus seinen Gleichungen im Gaufsschen Mafssystem die elektrostatischen und magnetischen Coulombschen Gesetze, die elektromagnetischen und elektrodynamischen Gesetze abgeleitet bezw. abzuleiten versucht. Im Gaufsschen Mafse ergaben sich ihm (II, S. 244 und 246) die elektromagnetischen und elektrodynamischen Potentiale:

$$\psi = -A\,i \int \frac{d\,\frac{1}{v}}{d\,n}\, d\,w \qquad\qquad V = -A^2\, i\, i_1 \iint \frac{\cos \varepsilon}{r}\, ds\, ds_1\,,$$

worin A das reciproke von Maxwells kritischer Geschwindigkeit darstellt. In elektromagnetischem bezw. elektrodynamischem Mafse wären bei der Ableitung aus den Hertzschen Gleichungen die Faktoren A bezw. A^2 nicht aufgetreten. Die einheitliche Webersche Theorie (W. Webers Grundgesetz) kann in gleicher Weise herangezogen werden, um dem Auftreten der Potenzen der kritischen Geschwindigkeiten bei der Vergleichung der Dimensionen eine tiefere theoretische Deutung beizulegen.

Einige einfache Apparate zur Demonstration des Kräfteparallelogramms, der schiefen Ebene und des Keils.

Von

Dr. **M. Blasendorff** in Berlin.

Der Satz vom Kräfteparallelogramm wird gewöhnlich dadurch nachgewiesen, dafs das Gleichgewicht gezeigt wird zwischen den Kräften, welche nach Gröfse und Richtung den Seiten eines beliebig gewählten Parallelogramms und der in entgegengesetzter Richtung gezogenen Diagonale desselben entsprechen. Dieser Nachweis kann auch in anderer Weise geführt werden.

Legt man über 2 Rollen (s. Fig. 1) eine Schnur, deren linkes Ende das Gewicht p Gramm, deren rechtes das Gewicht q Gramm trägt, und hängt an dieselbe in einem Punkte A zwischen den Rollen ein Gewicht von r Gramm, so wird die Schnur in A so weit herabgezogen, bis Gleichgewicht besteht. Stellt man nun dicht hinter die Schnur eine Zeichentafel, zieht auf derselben von dem Punkte A aus eine senkrecht nach oben gerichtete Linie AB von einer Länge von r Einheiten, z. B. von einer Länge von r Halbcentimetern (hcm), ferner durch B Parallele zu den von A ausgehenden Schnurenden, welche die letzteren in D und E durchkreuzen, und zeigt, dafs die Strecken AD und AE p resp. q hcm lang sind, so hat man die Richtigkeit des Satzes vom Kräfteparallelogramm dargethan. Diese Art des Nachweises ist an sich sehr umständlich, da bei jeder Änderung der Kräfte das Kräfteparallelogramm immer von neuem gezeichnet werden mufs. Die Bildung des Parallelogramms $ADBE$ kann nun aber mehr oder weniger selbstthätig durch eine Vorrichtung ausgeführt werden, welche an Stelle der r Gramm an die Schnur gehängt und so beschwert wird, dafs sie selbst ein Gewicht von r Gramm hat. Die einfachste Art einer solchen Vorrichtung ist wohl folgende.

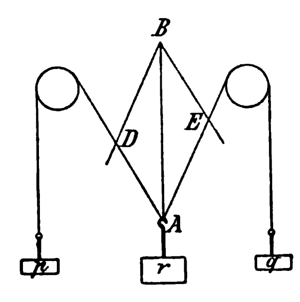


Fig. 1.

Durch das eine Ende eines Holzstabes von 1 cm Breite, 1—2 mm Dicke und 70—80 cm Länge ist ein Stift B (Fig. 2) geschlagen, welcher als Drehachse dient für 2 Schenkel, bestehend aus 1 cm breiten und ca. 70 cm langen, dünnen und möglichst leichten Holzstäben. Das über den Drehpunkt herausragende Ende eines der Schenkel ist mit dem anderen durch einen dünnen, elastischen Faden so verbunden, dafs die beiden Schenkel, wenn kein Druck auf sie ausgeübt wird, eine zu einander senkrechte Lage haben. Jeder der 3 Stäbe ist vom Drehpunkte B aus nach hcm eingetheilt und von einer Hülse umschlossen, welche mit einem nach rückwärts gerichteten Stift oder Fortsatz versehen ist und auf dem Stabe verschoben werden kann. An Stelle der Hülsen können auch Stifte treten, welche durch die Stäbe in bestimmten Abständen, vielleicht von 5 zu 5 hcm, geschlagen werden. An dem unteren Ende des stärkeren Mittelstabes ist noch eine Vorrichtung angebracht zum Anhängen oder Auflegen von Gewichten. Wird nun dem Stift A der Hülse des Mittelstabes von B eine Entfernung von r hcm, den Stiften D und E der Schenkelhülsen von B eine Entfernung von q resp. p hcm gegeben, und der Apparat mit dem Stift A so auf die Schnur gesetzt, dass der Stift D links, der Stift E rechts von ihm gegen die Schnur zu liegen kommt, so bilden die beiden Schenkel und die von A ausgehenden Schnurenden das Kräfteparallelo-

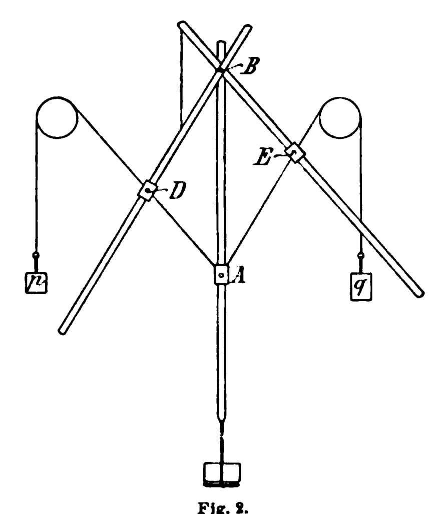


Fig. 2.

gramm $ADBE$, in welchem $AD = BE = p$ hcm und $AE = BD = q$ hcm ist. Dies ist jedoch nur der Fall, wenn der Druck, den die Schenkel resp. der elastische Faden durch die Stifte D und E gegen die Schnur ausüben, sehr gering ist, und wenn der Schwerpunkt des Apparates in der Mittellinie und so tief liegt, dafs der Mittelstab sich lotrecht stellt. Bei jeder Änderung der Gewichte hat man nur nötig, die Hülsen entsprechend zu verschieben, um das Kräfteparallelogramm zu erhalten. Der Druck der Schnur gegen die Stifte D und E, welcher eine, wenn auch geringe, Ungenauigkeit der Einstellung bewirkt, ist ganz vermieden bei folgender Verbesserung der Vorrichtung.

Unter Fortlassung der Hülsen ist durch den Mittelstab ein zweiter Stift A geschlagen (Fig. 3), der von dem Stifte B eine Entfernung von $r = 60$ hcm hat und als Drehachse für ein zweites Schenkelpaar dient. Jeder dieser unteren Schenkel besitzt eine von A ausgehende Teilung nach Halbcentimetern und ist mit dem über den Drehpunkt B herausragenden Ende des auf der anderen Seite befindlichen oberen Schenkels durch einen Faden derartig verbunden, dass beide Schenkel in jeder Lage parallel gerichtet bleiben. Dies wird dadurch erreicht, dafs die Länge des Fadens zwischen den Schenkeln gleich dem Abstand der Drehpunkte A und B ist und dafs die Befestigungspunkte eines Fadens von den betreffenden Drehpunkten gleichen Abstand haben. Die Schwere der Schenkel ist so abgeglichen, dafs sie in jeder Lage das Gleichgewicht halten. Ferner ist der über A befindliche Teil so leicht gearbeitet, und die Beschwerung, durch welche der Apparat ein Gewicht von $r = 60$ Gramm erhält, am unteren Ende des Mittelstabes so angebracht, dafs sich derselbe lotrecht stellt, nachdem er mit dem hinten herausragenden Ende des Stiftes A auf die Schnur gesetzt ist. Werden noch die unteren Schenkel in die Richtung der von A ausgehenden Schnurenden gebracht und in dieser Lage durch eine an ihren Enden angebrachte Vorrichtung erhalten, so bilden die 4 Schenkel das Kräfteparallelogramm $ADBE$ (vergl. Fig. 2), welches sich bei jeder Änderung der Kräfte p und q von selbst einstellt.

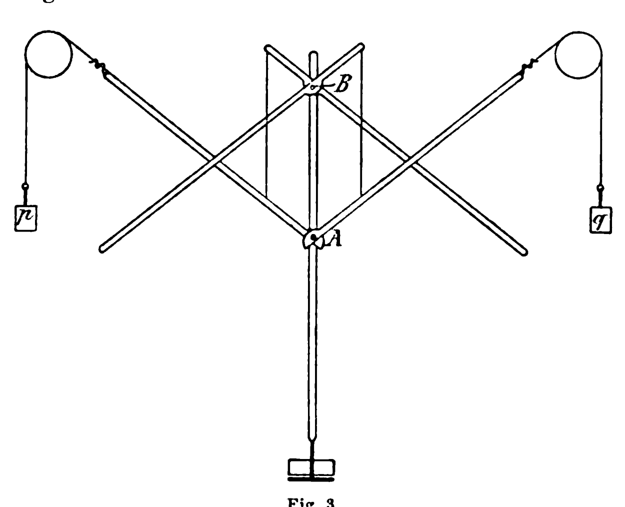


Fig. 3.

Da die Diagonale AB dieses Parallelogramms, welches die Gröfse der Kraft r darstellt, unveränderlich gleich 60 hcm ist, so sind, wenn durch Anhängen von Gewichten an das untere Ende des Mittelstabes r vergröfsert wird, Umrechnungen erforderlich. Wird z. B. ein Gewicht von 20 Gramm angehängt, so ist $r = 80$ Gramm dargestellt durch eine Strecke von 60 hcm, und die Seiten AD und AE des Parallelogramms werden daher eine Länge von $^3/_4\, p$ resp. $^3/_4\, q$ hcm haben. Sollen die Umrechnungen nicht zu umständlich werden, so ist man in der Änderung von r ziemlich beschränkt, und daher war es erforderlich, den Abstand der Drehpunkte A und B veränderlich zu machen.

Der in dieser Hinsicht verbesserte Apparat hat im ganzen die Gestalt des vorhergehenden. Nur besteht bei ihm der Mittelstab aus 2 Teilen, welche in der Längsrichtung gegen einander verschiebbar sind. An dem unteren Teile befindet sich der Stift A (Fig. 4), an dem oberen der Stift B. Um zu bewirken, dafs die Fadenlänge zwischen den Schenkeln sich bei der Verschiebung entsprechend ändert, ist der Faden nicht an den Schenkeln befestigt, sondern es befinden sich an den Stellen der Befestigungspunkte kleine Stifte in den Schenkeln, über welche der Faden geführt ist, um einerseits um den Stift B herum zu einem festen Punkte des oberen Teils des Mittelstabes, andererseits über den Stift A zu einem kleinen Wirbel zu gehen, der mit dem oberen Teile in festem Zusammenhange steht. Die Wirbel

dienen zur Regulierung der Fadenlänge. Aufserdem ist noch an einem der unteren Schenkel ein geteilter Kreisring angebracht, dessen Mittelpunkt mit dem Drehpunkt A zusammenfallen würde, um die Winkel ablesen zu können, welche die unteren Schenkel mit einander und mit dem Mittelstabe bilden. Dadurch wird es möglich, die Aufgabe von der Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften in einfacher Weise zu lösen. Sollen z. B. die Kräfte p und q unter einem bestimmten Winkel in A angreifen, so wird die Vorrichtung am Stifte A so bewegt, dafs die unteren Schenkel diese Winkel bilden. Zugleich wird der obere Teil des Mittelstabes so gegen den unteren verschoben, dafs die Seite AD des Parallelogramms p hcm lang wird; dann giebt die Diagonale AB die Gröfse der resultierenden Kraft r an. Soll umgekehrt die Kraft r in die Komponenten p und q zerlegt werden, welche mit ihr bestimmte Winkel bilden, so ist zunächst $AB = r$ hcm zu machen und dann am Stifte A die Vorrichtung so zu verschieben, dafs der Mittelstab mit den unteren Schenkeln die vorgeschriebenen Winkel bildet. Die Seiten AD und AE des Parallelogramms geben dann die Gröfse der Komponenten p und q an. Werden in beiden Fällen die Gewichte den Ablesungen entsprechend gewählt, so stellt sich der Apparat von selbst in diejenige Lage ein, welche ihm vorher durch Bewegung am Stifte A gegeben worden war.

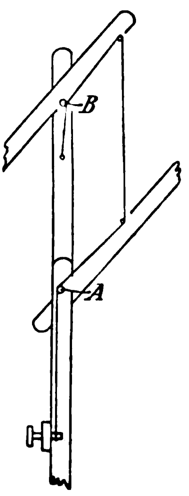


Fig. 4.

Die Gesetze der schiefen Ebene, welche eine Folge des Satzes vom Kräfteparallelogramm sind, lassen sich auch als eine solche zur Anschauung bringen.

Aus dem Kräfteparallelogramm folgt, dafs die Seiten eines Dreiecks Gröfse und Richtung dreier im Gleichgewicht befindlichen Kräfte angeben. Hat man also ein Kräftedreieck ABC, in welchem die Seiten AB, BC und CA eine Länge von p, r und q cm haben und die Seite BC senkrecht abwärts gerichtet ist, wirken ferner an den Enden von 3 Fäden, welche mit ihren anderen Enden zu einem Knoten D, dem Angriffspunkte der Kräfte, vereinigt sind, die Kräfte p, r und q Gramm, ist der erste Faden über eine feste, der dritte über eine lose Rolle gelegt und wirkt an dem zweiten die Kraft r Gramm senkrecht nach unten, so werden der erste und dritte Faden sich immer parallel zu den Seiten AB und CA des Dreiecks einstellen, wie man auch die lose Rolle in der durch die Fäden angegebenen Vertikalebene bewegen mag. Für diesen Versuch ist Rad und Gestell der Atwoodschen Fallmaschine gut verwendbar, wenn an dem Lagergestell des Rades eine Art Führung für das verstellbare Kräftedreieck angebracht ist. Das Rad dient als feste Rolle, und auf der Führung ruht mit der Seite BA (Fig. 5) das aus 3 in cm eingeteilten Stäben gebildete Dreieck ABC. Damit der die Seite BC bildende Stab stets in senkrechter Lage verbleibt, ist an dem unteren Ende desselben ein kleiner Querstab von entsprechender Länge befestigt, welcher durch das Übergewicht der anderen Stäbe gegen das Gestell der Maschine gedrückt wird. Die Führung kann so angebracht sein, dafs bei langsamer Bewegung der losen Rolle der Angriffspunkt D resp., bei genügender Kürze des zweiten Fadens, das Gewicht r Gramm auf der Seite BA entlang zu gleiten scheint.

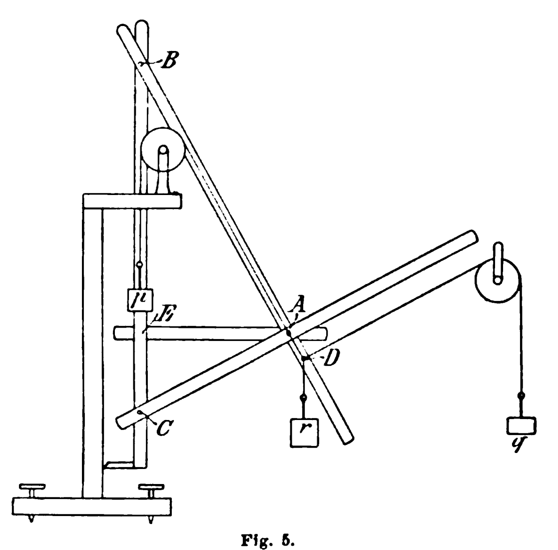


Fig. 5.

Wird nun ein rechtwinkliges Kräftedreieck mit dem rechten Winkel bei A gewählt, so kann man die Seite AB desselben als eine schiefe Ebene ansehen, auf welcher die Last r

ruht; p ist dann die Kraft, welche parallel zur schiefen Ebene wirkt, und q ist die Kraft, welche gleiche Gröfse mit dem Druck hat, aber in entgegengesetzter Richtung wirkend, diesen Druck aufhebt. Befestigt man in A einen vierten Stab horizontal, welcher die Richtung $B\,C$ in E durchkreuzt, so stellt das Dreieck $B\,A\,E$ den Querschnitt der schiefen Ebene dar, und aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $B\,A\,C$ und $B\,A\,E$ folgt sogleich, dafs sich die Kraft zur Last verhält wie die Höhe zur Länge der schiefen Ebene.

Wählt man dagegen den rechten Winkel bei C, giebt dem bei A befindlichen vierten Stabe eine zu $A\,B$ senkrechte Richtung und befestigt die lose Rolle so an einem Gestell, dafs der Punkt D vor A zu liegen kommt, so kann der vierte Stab als die schiefe Ebene angesehen werden, auf welcher die Last r ruht; q ist dann die horizontal wirkende Kraft, und p ist die Kraft, welche den Druck aufhebt, den Last und horizontal wirkende Kraft senkrecht zur schiefen Ebene ausüben. Befestigt man in einem Punkte E des vierten Stabes die Schnur eines Senklotes, welches die Richtung $C\,A$ in F durchkreuzen möge, so stellt das Dreieck $E\,F\,A$ den Querschnitt der schiefen Ebene dar. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $A\,B\,C$ und $E\,F\,A$ folgt, dafs sich die Kraft zur Last verhält wie die Höhe zur Basis der schiefen Ebene.

Die Gesetze des Keils lassen sich durch folgenden sehr einfachen Apparat (Fig. 6) zur Anschauung bringen.

Zwei Holzstäbe von 1 cm Breite, 1 mm Dicke und ca. 32 cm Länge sind an dem unteren Ende nach Aufleimen einer Verstärkung durchbohrt, und durch die Durchbohrung ist ein Stift gesteckt, um sie drehbar mit einander zu verbinden. An dem oberen Ende der Stäbe sind durch teilweises Aufleimen von ca. 5 cm langen, gleichstarken Stäbchen Gabeln gebildet, in welche ein dritter querliegender Stab von gleicher Stärke und ca. 24 cm Länge eingeklemmt ist, so dafs die drei Stäbe einen Keil bilden. Die Innenkanten der Gabelstäbe schneiden sich im Drehpunkte, und der Abstand des Drehpunktes von der Innenkante des eingeklemmten Querstabes beträgt grade 30 cm. Dieser Querstab besitzt eine Teilung, bei welcher die Teilstriche 3 mm von einander abstehen. Durch Verschieben dieses Stabes in den Gabeln kann dem Rücken des Keils eine verschiedene Länge gegeben werden, während seine Seiten immer eine Länge von 100 Einheiten haben. Ungefähr in der Mitte der Gabelstäbe sind in einer zu ihnen senkrechten, dem anderen Stabe zugekehrten Richtung nach Zwischenschaltung einer Verstärkung dünne Holzstäbchen von verschiedener Länge aufgeleimt, von denen der kürzere wieder mit dem längeren nach Einschaltung eines kleinen Zwischenstücks fest verleimt ist, so dafs sich zwischen beiden Stäbchen eine Rinne befindet, welche so breit ist, dafs der andere Stab sich frei in derselben bewegen kann. An jedem der beiden kleinen Zwischenstücke ist ein Häkchen angebracht, an welchem die Schnur befestigt ist, welche über eine Rolle gelegt und durch ein Gewicht von 100 g gespannt wird. Der Druck, der gegen die Seiten des Keils ausgeübt werden soll, ist auf diese Weise durch einen im gleichen Sinne wirkenden Zug ersetzt. Die Verdoppelung der senkrecht aufgeleimten Stäbchen ist notwendig, damit die drehende Wirkung der Zugkräfte aufgehoben wird. Die längeren Stäbchen dienen vom Häkchen ab als Zeiger für die Richtung der Schnur. Der Druck auf den Rücken des Keils wird ersetzt durch einen nach unten wirkenden Zug, welcher zum Teil durch das Gewicht des Keils selbst, zum Teil durch die Gewichte ausgeübt wird, welche an den die Spitze des Keils bildenden Stift gehängt werden. Jedesmal wenn sich dieser Zug zu dem auf die Seiten ausgeübten Zug von 100 g verhält wie der

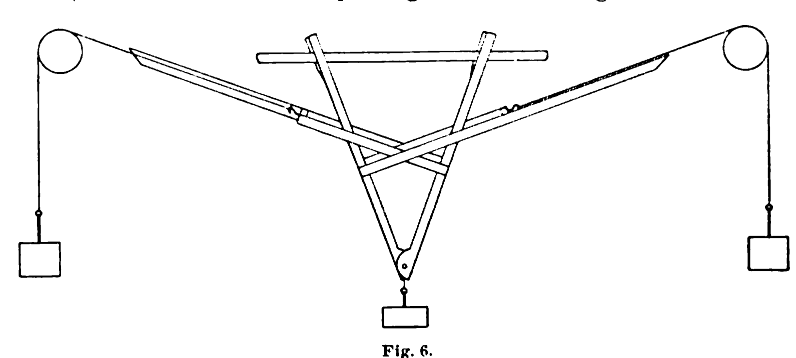


Fig. 6.

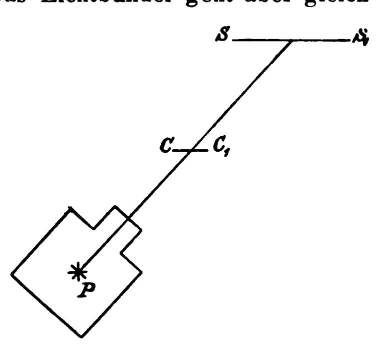
Rücken zur Seite des Keils, befinden sich die Schnüre in der Richtung, welche die als Zeiger dienenden Stäbchen angeben. Ist der Druck geringer, so befinden sie sich unterhalb, ist er gröfser, oberhalb dieser Richtung.

Kleine Mitteilungen.

Objektive Darstellung der Fluoreszenzfarben.

Von Dr. **H. Warlich** in Cassel.

Die Farben fluoreszierender Flüssigkeiten lassen sich objektiv mit Hülfe eines Projektionsapparates nebeneinander in folgender Weise demonstrieren. Man ordnet (s. Fig.) Projektionsapparat (*P*), planparallele Cüvette ($C\,C_1$) mit fluoreszierender Flüssigkeit und Schirm (SS_1) in der Weise an, dafs man Cüvette und Schirm unter einem Winkel von ungefähr 45° gegen das parallele Strahlenbündel des Condensors geneigt aufstellt. Das parallele Lichtbündel bringt alsdann, indem es auf die vordere Seite der Flüssigkeit in der Cüvette fällt, die eine Farbe in scharfumschriebener Fläche zur Erscheinung. Das Lichtbündel geht aber gleichzeitig durch die Flüssigkeit hindurch und projiziert auf den hinten stehenden Schirm die zweite Fluoreszenzfarbe. Man sieht daher beide Farben nebeneinander, allerdings nicht in einer Ebene. Es mufs dafür Sorge getragen werden, dafs der Projektionsschirm in entsprechender Entfernung hinter der Cüvette zu stehen kommt. Ich habe mich dieser Anordnung vor vier Jahren bei Vorträgen über Röntgenstrahlen zuerst und zwar mit bestem Erfolg bedient. Die bei Anwendung eines gröfseren Projektionsapparates, — der Condensor meines Apparates mit Schuckertscher Lampe hatte 18 cm Durchmesser, — nötigen grofsen Cüvetten mit planparallelen Flächen stellt man sich am einfachsten dadurch her, dafs man zwischen zwei genügend starke quadratische Glasplatten von 30—40 cm Seitenkante nahe am Rande an drei Seiten einen starkwandigen Gummischlauch von 15—20 mm Durchmesser herlegt, so dafs die nach oben kommende Seite offen bleibt und als Einfüllöffnung dient. Mit mehreren kräftigen Quetschhähnen oder photographischen Klammern prefst man die beiden Glasplatten mit dem Gummischlauch fest zusammen. Das Einfüllen der fluoreszierenden Lösungen geschieht mittels Trichters, dessen Rohr leicht in den Zwischenraum der Glasplatten eingeführt werden kann. Eine solche Cüvette läfst sich mit Hülfe zweier Bunsengestelle aufstellen, mit dem Heber entleeren, auseinandernehmen und dann leicht reinigen. Bei ätherischen und benzolischen Lösungen ist es wegen der starken Verdunstung und der grofsen Feuersgefahr der Lösungsmittel rathsam, den Gummischlauch so lang zu nehmen, dafs er auch die obere Seite der Cüvette völlig schliefst. Man klemmt denselben bis auf ein kleines Endstück, das nach oben ragend stehen bleibt, ein und benutzt die freibleibende Öffnung zum Einfüllen. Nachdem dies geschehen, prefst man auch das noch nach aufsen ragende Ende des Schlauches zwischen die Platten und schliefst auf diese Weise die Cüvette vollständig.



Über die Anwendung einer Glühlampe zur Demonstration der Hertzschen und Marconischen Versuche.

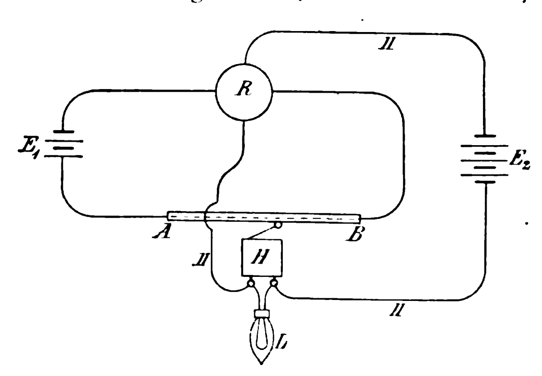
Von **Victor Biernacki** in Warschau.

Die bisher benutzten Methoden zur Demonstration dieser Versuche, nämlich mittelst eines Galvanometers, einer elektrischen Klingel oder auch eines Morseschen Schreibapparates sind nicht immer bequem. Will man durch Benutzung eines elektromagnetischen Hammers, der unmittelbar oder vermittelst eines Relais in den Kreis des Cohärers eingeschlossen ist, die Notwendigkeit der jedesmaligen Erschütterung des letzteren vermeiden, so ist ein Galvanometer



nicht mehr anwendbar. Will man andererseits alle Apparate, den Vibrator, der die Wellen aussendet, und den Empfänger mit dem Cohärer gleichzeitig in einem Hörsaale demonstrieren, so übertäubt der Knall der Funken den Klang der Klingel; und die Zeichen des Morseschen Schreibapparates sind nicht allen Zuhörern gleichzeitig sichtbar.

In der letzten Zeit benutze ich zur Darstellung der genannten Versuche eine kleine Glühlampe, die ich in den Kreis des Cohärers, wie aus der Zeichnung ersichtlich, einschalte. *AB* bedeutet eine Röhre mit Feilspänen in der Brennlinie des sekundären Hertzschen Spiegels oder den Cohärer in der Empfangstation nach Marconi. *AB* ist in einen Kreis mit der Batterie E_1 und Relais *R* verbunden. Bei der Verminderung des Widerstandes von *AB* unter dem Einflufse der elektrischen Wellen, schliefst Relais den Kreis *II*, der aus der Batterie E_2 und einem elektromagnetischen Hammer *H* besteht; die Glühlampe *L* ist parallel mit dem Hammer verbunden. Ich benutze eine kleine 4-Volt-Glühlampe; die Batterie E_2 besteht aus 3 Akkumulatoren. So lange die elektrischen Wellen *AB* treffen, schlägt der Hammer *H*, und die Glühlampe leuchtet flimmernd. Bringt man den Vibrator zur Ruhe, so stellt der letzte Schlag des Hammers *H* den ursprünglichen grofsen Widerstand der Röhre wieder her, der Strom im Kreise *II* wird unterbrochen, und die Glühlampe erlischt. Bei genügender Regelmäfsigkeit der Funken im Vibrator, genügend grofser Frequenz der Schläge des Hammers *H* und passender Orientierung desselben gegen die Röhre *AB*, erfolgt das Aufblitzen des Lichtes in der Glühlampe gleichzeitig mit den Funken im Vibrator. Zweckmäfsig hängt man dazu die Röhre mittels metallischer Spiralfedern, die sie mit dem Kreise *II* verbinden, auf.



Ich finde die von mir in *Wied. Ann. 1895, Bd. 55. 599* beschriebene Anordnung mit gewöhnlichem Vibrator nach Hertz zur Darstellung der Spiegelversuche viel zweckmäfsiger als die in manchen Preislisten beschriebene Anordnung mit dem Vibrator nach Righi. Ebenso wende ich im sekundären Spiegel immer eine ziemlich lange Röhre mit Kupferspänen, die gewifs nicht so empfindlich wie andere Cohärer ist, dagegen gestattet sie alle Eigenschaften der elektrischen Strahlen viel reiner und anschaulicher zu demonstrieren. Die Anwendung eines energischen Vibrators und eines empfindlicheren Resonators erfordert viele Vorsichtsmafsregeln zur Vermeidung einer unmittelbaren Wirkung der Wellen auf die Teile des sekundären Kreises, die aufserhalb des sekundären Spiegels liegen, wodurch die jedesmalige Anordnung der Versuche sehr umständlich wird.

Bei Anwendung einer solchen Röhre mit Kupferspänen bestand bei mir die Batterie E_1 aus 1 bis 2 Akkumulatoren; beim Cohärer nach Marconi genügt ein Trockenelement.

Unter Anwendung der dargelegten Anordnung gelingen alle bekannten Versuche über Reflexion, Polarisation, Brechung u. s. w. der elektrischen Strahlen leicht und sicher. Es sei mir gestattet, noch einen sehr sicheren und anschaulichen Versuch der Beugung elektrischer Strahlen zu beschreiben. Man bedeckt die Öffnung des primären Spiegels mit einem Zinkschirm mit passender Öffnung. (Bei meinen Versuchen mit Spiegeln von 92 cm Länge, 80 cm Breite und 12 cm Brennweite, bestand der Vibrator aus zwei Messingröhren von 9 cm Länge, 3 cm Durchmesser, mit Messingkugeln von 4 cm Durchmesser an den zugekehrten Enden; die Brennlinsen beider Spiegel waren horizontal; die Öffnung im Zinkschirm war 50 cm lang und 25 cm breit[1])). Bei passender Entfernung beider Spiegel von einander (bei meinen Versuchen ca. 6 m) war die Wirkung der von dem Vibrator ausgehenden Wellen auf den sekundären Spiegel nicht bemerkbar: dorthin trifft der „dunkle Streifen“. Stellt man aber

[1]) Diese sehr zweckmäfsig construierten Spiegel erhielt ich von der Firma Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh.



ungefähr in die Mitte zwischen beiden Spiegeln ein Zinkblech mit seiner Ebene horizontal in passender Entfernung oberhalb oder unterhalb der Horizontalebene, die durch die Achsen beider Spiegel hindurchgeht, so fallen die Strahlen, die einen „hellen Streifen" geben, in den sekundären Spiegel: die Glühlampe leuchtet in diesem Falle fast ebenso hell, wie bei unmittelbarer Wirkung des primären Spiegels auf den sekundären. Letzteres kann man auch erreichen, wenn man ein Prisma (z. B. ein Pechprisma) einschaltet, welches mit dem brechenden Winkel nach oben oder nach unten gerichtet ist. Selbstverständlich ist dann der Versuch nicht so leicht als der oben bsschriebene ausführbar, weil die Entfernung des sekundären Spiegels dem brechenden Winkel des Prismas (und dem Brechungsexponenten desselben) und dem Beugungswinkel des ersten gebeugten „hellen Streifens" angepafst werden mufs.

Nachweis vagabondierender Ströme.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

In unserer Zeit der an Zahl und Ausdehnung beständig zunehmenden Starkstromleitungen werden die Nachteile immer häufiger empfunden, welche das Auftreten umherirrender Ströme mit sich bringt. Die von den Schienen der elektrischen Strafsenbahnen auch bei Anwendung besonderer Rückleitungskabel sich abzweigenden Ströme beeinflussen feine elektrische und magnetische Apparate auf das empfindlichste. Während es gelungen ist, Apparate für rein physikalische Forschungen so zu construieren, dafs sie von den Störungen durch die Bahnen mehr oder weniger unabhängig sind, vermögen Observatorien zur Beobachtung des Erdmagnetismus ihren Aufgaben teilweise nicht mehr zu genügen (vergl. den äufserst lehrreichen Vortrag von W. von Bezold, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 1899, No. 17; Prometheus, 1899, No. 513 und 514). Aufserdem sind die Störungen bekannt, welche Fernsprechanlagen durch „vagabondierende" Ströme, sowie durch Induktion in ihren Leitungen erfahren; auch „Erosionen" an eisernen Rohrleitungen, die in der Nähe der Schienen verlaufen, sollen vielfach beobachtet sein.

Der physikalische Unterricht wird wohl einen Hinweis auf diese unangenehmen Seiten der Starkströme nicht ablehnen wollen, indessen hat er keine Veranlassung, zum Nachweis etwaiger vagabondierender Ströme im Umkreise der Schule die Aufstellung eines genügend empfindlichen Apparates vorzunehmen. Nun wird es aber manchem Collegen so wie dem Verfasser gehen, der die Beobachtung machte, dafs vagabondierende Ströme in nicht unbedeutender Stärke unmittelbar am Experimentiertisch sich einstellen und dafs man dieselben zu einigen anregenden Versuchen sehr leicht benutzen kann.

Der Verfasser versieht die Wasser- sowie die Gasleitung des Tisches mit je einer Drahtleitung, führt diese zu der Verzweigungsvorrichtung des Spiegelgalvanometers und beobachtet, wenn nur $^1/_{100}$ der Stromstärke durch das Galvanometer geht, eine bis an die Skalengrenze gehende Ablenkung des Lichtzeigers. In gleicher Weise läfst sich natürlich jeder andere empfindliche Stromanzeiger gebrauchen. Zu bemerken ist, dafs die Nadel des Galvanometers zwar stets nach derselben Seite abgelenkt wird, dafs aber die Gröfse der Ablenkung fortwährend schwankt. Insbesondere machte sich der Einflufs der im Abstande von 450 m von der Beobachtungsstelle (Physikzimmer des Königl. Kadettenkorps) fahrenden Strafsenbahnwagen geltend. In regelmäfsigen Zwischenräumen stieg die Stromstärke etwa auf den doppelten Wert, um öfters plötzlich wieder abzunehmen, offenbar infolge der Ausschaltung des Stromes an Haltestellen und Kurven. Auch wenn auf der in der Nähe befindlichen Bahnstrecke kein Wagen in Bewegung sein konnte, und der nächste Wagen derselben oder anderer Linien etwa 1200 m entfernt war, blieb die Nadel des Galvanometers fortwährend unregelmäfsigen, wenngleich weniger starken Schwankungen unterworfen.

Über die Richtung des Stromes ist zu bemerken, dafs stets die Wasserleitung als positiver Pol erscheint. Die Drähte der oberirdischen Zuleitung der hiesigen Strafsenbahnen sind mit dem positiven Maschinenpol verbunden, und die Wasserleitung nimmt die von den Schienen sich abzweigenden Ströme in höherem Mafse auf, als dies seitens der Gasleitung



geschieht. Die Ursachen hiervon sind nicht mit Bestimmtheit anzugeben. Die Röhren der Wasserleitung liegen stellenweise den Schienen näher als diejenigen der Gasleitung, doch ist in dem Stadtteil auch das umgekehrte Lagenverhältnis vorhanden. Ein ziemlich grofser Teil der Gasröhren der Umgebung befindet sich in einem Gebiete, welches keine Strafsenbahn besitzt, so dafs möglicherweise die Ströme der Gasleitung besser in der Erde verschwinden können, als die des andern Rohrsystems. Von Bedeutung mag auch der wechselnde, aber im allgemeinen in der Wasserleitung gröfsere Querschnitt der Röhren sein, endlich vielleicht auch der Umstand, dafs an manchen undichten Stellen das unter starkem Drucke stehende Wasser die Umgebung feuchter erhält, als das um die Gasleitungen vorhandene Erdreich ist. Näheren Aufschlufs werden wohl Beobachtungen gewähren, die längere Zeit unter Berücksichtigung der Durchfeuchtung des Erdbodens durch Regen und an verschiedenen Orten gemacht werden. Die bereits oben erwähnten „Erosionen" der Wasserleitung durch vagabondierende Ströme werden jedenfalls auch städtische und andere Behörden nötigen, den in unterirdischen Rohrleitungen verlaufenden Strömen ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Im Abstande von wenigen Metern mag die Stärke der zu den Röhren gelangenden Ströme recht bedeutend sein, trotzdem dafs zur besseren Rückleitung des Hauptstromes die Schienen jeder „Stromzuführungsstrecke" mit einem besonderen Rückleitungskabel verbunden sind. Die vom Verfasser beobachteten Ströme in den Rohrleitungen sind wegen des Widerstandes des Rückleitungskabels jedenfalls um so stärker, je gröfser die Entfernung der elektrischen Kraftstation ist; in gleichem Mafse dürften die nachteiligen Einflüsse vagabondierender Ströme mit der Länge des Rückleitungskabels zunehmen.

Die Stärke der zwischen den Tischleitungen beobachteten Ströme ist von dem Widerstande des eingeschalteten Apparates abhängig. Zur Vornahme von Messungen wurden die Leitungen durch Widerstände von 0,1 bis 2 Ohm geschlossen und parallel dazu das Galvanometer (mit Zuleitungen gleich 1,04 Ohm) nebst Widerständen von 20—100 Ohm geschaltet. Die kleinsten Werte hatten die Ströme, als infolge mehrtägigen strengen Frostes das Erdreich gefroren war. Dann schwankten die Werte der Stromkstärke bei Einschaltung von 1 Ohm um 0,0006 A., bei Einschaltung von 0,1 Ohm um 0,002 A. An wärmeren Tagen war die Stromstärke beim Schliefsen durch 0,1 Ohm auf 0,003 A. gestiegen. Durch Verbindung einer dritten Erdleitung (Blitzableiter), welche in gröfserem Abstande von der Strafsenbahn in die Erde führt, mit der Wasserleitung würden wohl noch etwas stärkere Ströme nachzuweisen sein.

Der mitgeteilte einfache Nachweis vagabondierender Ströme ist natürlich dann unausführbar, wenn zufällig ein Kurzschlufs der Leitungen besteht. Man darf denselben aber wohl als ganz seltenen Ausnahmefall betrachten. Würde eine Stelle sehr guter metallischer Verbindung der Leitungen in der Nähe vorhanden sein, so könnte er durch eine Widerstandsmessung bemerkt werden.

Um hierfür einen Anhalt zu geben, sei mitgeteilt, dafs die Einschaltung der beiden Leitungen an der Beobachtungsstätte des Verfassers in einen Stromkreis einen Widerstand von 0,284 Ohm einführt. Macht man den etwas bedenklichen Vergleich der Röhren als Stromquelle mit einem Element von 0,284 Ohm innerem Widerstande, so findet man unter Benutzung der oben angeführten ungefähren Stromstärkemessungen aus der Gleichung $e:(0{,}284+1)=0{,}0006$ für die Potentialdifferenz e der Röhren den Wert 0,00077 Volt. Derselbe wäre hiernach ungefähr von der Gröfse der elektromotorischen Kraft eines Kupfer-Wismuth-Thermoelementes bei 13° Temperaturunterschied der Lötstellen. Aus $e:0{,}284$ ergiebt sich der gröfste Wert für die Stromstärke des Gas-Wasserleitungsstromes zu 0,0027 A.

Bei der aufserordentlichen Empfindlichkeit des Telephons (nach **Brough** ist ein Strom von 10^{-9} A. zur hörbaren Wirkung genügend; es ist 200mal empfindlicher als ein Froschschenkelpräparat) kann man natürlich auch mit diesem die vagabondierenden Ströme nachweisen, indem man es unter Zwischenschaltung eines Stromschlüssel mit den Leitungen verbindet. Wegen des sehr bedeutenden Widerstandes der Telephonspule ist das Knicken beim Stromschlufs jedoch sehr leise und von dem Detail der Ströme beim Fahren eines Bahn-



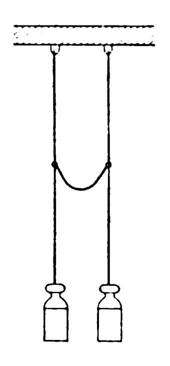
wagens ist nicht viel zu hören. Man verbindet daher besser die Tischleitungen mit der primären Spule eines kleinen Induktionsapparates und das Telephon mit den Enden der sekundären; am einfachsten nimmt man ein mit dem kleinen Induktor versehenes Mikrophon selbst zu Hülfe. Man kann alsdann den ganzen elektrischen Verkehr in der Nähe sehr hübsch abhören und ein gröfserer Abstand des Physikzimmers von der Bahn ist nur angenehm, da die Geräusche der Wagen dann nicht mehr durch die Luft übertragen werden. Deutlich vernimmt man das Sausen der Motoren, das beim Abstellen des Stromes vor der Haltestelle plötzlich verschwindet, einen kräftigen Stromstofs beim Anfahren und den langsam höher werdenden Ton der sich wieder in Bewegung setzenden Motoren.

Werden Gas- und Wasserleitung an einem zweiten, nicht zu weit entfernten Beobachtungsorte durch einen geringen Widerstand geschlossen, so kann man dies mit Induktor und Telephon am ersten Orte bemerken. Man kann darauf eine Art Signalverkehr ohne Leitungsdraht gründen und mit Hülfe des Morsealphabets Nachrichten übermitteln, indem zwei schnell aufeinander folgende Stromschlüsse für einen Strich genommen werden. Freunde spiritistischer Versuche können vielleicht von dieser Anregung Gebrauch machen.

Demonstration der Resonanz an zwei gleichen Pendeln.

Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

An der Zimmerdecke oder an einem geeigneten festen Stativ werden zwei schwere Fadenpendel von gleicher, etwa 2 m betragender Länge in einer Entfernung von 20 cm von einander befestigt, die aus einem Bindfaden mit daran gehängten 2 kg schweren Gewichtsstücken bestehen. In halber Höhe der Bindfäden sind Ösen in dieselben geknüpft. Hängt man nun in die Ösen mittels kleiner Haken eine Gummischnur von 30 cm Länge, so bringt das eine Pendel das andere zum Mitschwingen, wenn man das erste in Schwingungen versetzt, deren Ebene senkrecht zu derjenigen Ebene steht, die durch die gemeinsame Ruhelage der Pendel geht. Bei kleiner Amplitude der Schwingungen schwingen nach ungefähr 10 Schwingungen beide Pendel gleich weit und behalten ihre Amplitude bei. Bei grofser Amplitude werden die Schwingungen des ersten Pendels allmählich immer kleiner, und nach etwa 20 Schwingungen kommt das erste Pendel zur Ruhe, während das zweite Pendel seine gröfste Amplitude erhält. Nun versetzt wieder das zweite Pendel das erste in Schwingungen und verliert dabei selbst an Schwingungsweite. Dieser Vorgang wiederholt sich in derselben Weise mehrere Male, ohne dafs es nötig wäre, einen erneuten Anstofs zu geben.



Der erste Versuch ist geeignet, um zu demonstrieren, dafs zur Erzeugung der Resonanz bei den Schwingungen ein die Schwingungen übertragendes Medium (die Gummischnur) erforderlich ist. Der zweite Versuch dient zur Erklärung der Erscheinung, dafs bei zwei auf dasselbe Monochord gespannten und unisono gestimmten Saiten abwechselnd die eine Saite ihre gröfste Amplitude erhält, während die andere zur Ruhe kommt (vergl. d. Ztschr. *I 255*).

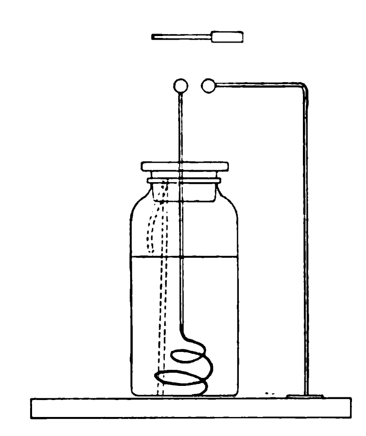
Resonanz bei Entladung Leydener Flaschen.

Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

Zur Demonstration des bekannten Versuches von Lodge verwendet man gewöhnlich zwei nur für diesen Versuch dienende und geeignete Leydener Flaschen, die mit den zur selbständigen Entladung dienenden Vorrichtungen fest verbunden sind. Durch eine einfache Modifikation der Anordnung läfst sich jedoch erreichen, dafs die Leydener Flaschen nur vorübergehend mit diesen Vorrichtungen verbunden sind und daher auch zu anderen Versuchen geeignet bleiben.

Auf ein mit Stanniol beklebtes passendes Brett wird ein rechtwinklig gebogener, in eine Kugel endigender Messingdraht geschraubt, dessen Kugel sich in derselben Höhe befindet, wie die Kugel der auf demselben Brette stehenden Leydener Flasche. Verwendet man zwei gleiche derartige Vorrichtungen, so stellt man bei dem einen Apparat die Flasche in etwa 1 cm Entfernung vom Entladerknopfe auf. Die andere Flasche wird bis zur Berührung

ihrer Kugel mit der Kugel des Entladers gebracht. In diese Flasche wird ein Stanniolstreifen gehängt, dessen äufseres Ende an der Aufsenseite der Flasche bis auf ungefähr 0,5 mm Entfernung vom oberen Rande der äufseren Belegung herabhängt. Bei dieser Anordnung springt genau so gut, wie bei dem zu dem speziellen Zweck hergestellten Apparate ein Funke über, wenn bei der ersten Flasche ein Funken zwischen den Kugeln überspringt. Um zu zeigen, dafs nur bei gleicher Beschaffenheit der Entladevorrichtungen Resonanz eintritt, schaltet man bei der einen Flasche ein Stück Messingdraht ein, das an einem Ende ein kurzes Messingrohr hat, das über den Entladedraht geschoben werden kann, während auf das andere Ende die Entladekugel wieder aufgesetzt ist. Hierdurch wird der Entladeweg um dieses Stück verlängert. Die Resonanz hört nun auf, sowohl wenn in den Entladeweg der primären, als auch in den der sekundären Flasche der Draht eingeschaltet wird. Bei Einschaltung gleicher Drähte in beide Entladewege findet wieder Resonanzwirkung statt.



Herstellung galvanoplastischer Abdrücke.

Von **Gottfried Erckmann** in Bingen a. Rh.

Bei dem Versuche, als Masse zur Herstellung galvanoplastischer Matrizen Stearin oder Gyps zu benutzen, machte ich die unliebsame Erfahrung, dafs der auf die Matrize aufgetragene Graphit beim Einbringen der Matrize in die Kupfervitriollösung gröfstenteils wieder abgeschwemmt wurde. Auch mit einem Häutchen von Schwefelsilber statt des Graphits wollte es mir nicht glücken. Da griff ich zur Guttapercha, und mit dieser Substanz machte ich so gute Erfahrungen, dafs ich sie als Material zur Anfertigung von galvanoplastischen Matrizen hier angelegentlich empfehlen möchte.

Beim Arbeiten mit der Guttapercha hat man jedoch gewisse Vorsichtsmafsregeln zu beobachten. Besitzt man einen gröfseren Vorrat von Guttapercha, so mufs dieselbe im Dunkeln und vor Luft geschützt, also gut verpackt aufbewahrt werden, wenn sie nicht ihre wertvollen Eigenschaften zum Teil einbüfsen soll. Ferner hat man darauf zu achten, dafs das Wasser, in das man die Guttapercha zum Zwecke des Erweichens einbringt, nicht zu heifs wird. Erhitzt man dieses Wasser über 60° C., womöglich gar zum Sieden, so nimmt die Guttapercha Wasser auf, erhärtet nach dem Herausnehmen nur sehr langsam und schwierig, klebt deshalb leicht an der Münze an und bleibt beim Abnehmen teilweise daran hängen. Man hänge also in die Porzellanschale, in der man das Wasser für die Guttapercha erwärmt, ein Thermometer ein und erhitze nicht weiter als bis zu 60° C. Dann knete man die Guttapercha unter Wasser (bezw. mit nassen Händen) gehörig durch, bringe eine genügende Menge davon auf eine (zuvor mit Bürstchen und Seife gut gereinigte) nasse Silbermünze (Thaler oder Fünfmarkstück) und presse die Guttapercha, nachdem man sie nochmals auf der Oberseite benetzt hat, mit einer Glasplatte von oben her fest auf die auf dem Experimentiertisch liegende Münze auf. Schon nach einer halben Stunde kann man die Guttapercha von der Münze abnehmen. Das Abnehmen von der Münze vollzieht sich in der Regel leicht, wenn man nur dafür gesorgt hat, dafs Guttapercha und Münze vor dem Auflegen gehörig nafs gemacht waren. Man erleichtert das Abnehmen der Matrize von der Münze, wenn man auf die Rückseite der Münze etwas lauwarmes Wasser bringt und dies, wenn nötig, wiederholt. Von der Glasplatte trennt sich die Guttapercha sehr leicht.

Nachdem die abgenommene Matrize trocken geworden ist, macht man sie leitend. Ich empfehle, als leitendes Pulver an Stelle des Graphits, der leicht an dem Abdruck hängen bleibt und denselben verunreinigt, Goldbronze zu benutzen, wie man sie in jeder Droguerie käuflich erhält. Das Auftragen und Einreiben der Goldbronze geschieht mit Hülfe eines feinen Pinselchens. Man achte darauf, dafs das Bronzepulver nicht über den Rand der Form hinaus-



kommt. Nun montiert man den galvanoplastischen Apparat. Ich benutze als solchen den vom Erfinder der Galvanoplastik, Jakobi, construierten. Die Einrichtung dieses Apparates setze ich als bekannt voraus, möchte aber doch über seine Montierung einige Bemerkungen machen. Zunächst überzieht man die als Kathode dienende Kupferplatte vollständig mit einer dünnen Guttaperchahaut oder sonst einer nichtleitenden Masse (Asphaltlack, Siegellack, letzterer in alkoholischer Lösung oder auf die angewärmte Platte mit der Siegellackstange aufgestrichen). Sodann befestigt man einen blanken Kupferdraht durch mehrmaliges festes Umwinden an einer nicht weit vom unteren Ende gelegenen, blank geputzten Stelle des die Kupferplatte tragenden Kupferstabes und biegt den Kupferdraht abwärts nach der Platte zu, sodafs seine Spitze die Platte gerade berührt. Nun überzieht man auch den Kupferstab, soweit er in die Kupfervitriollösung eintauchen soll, mit Guttapercha oder sonst einem Isolator und verfährt ebenso mit dem um den Stab gewundenen Kupferdraht, sodafs von letzterem nur noch die die Platte berührende Spitze eine metallische Oberfläche zeigt.

Hierauf schiebt man die Guttaperchamatrize vorsichtig zwischen Platte und abwärts gebogenen Draht, sodafs die Spitze des letzteren die bronzierte Matrize in der Mitte berührt. Man hat jetzt nur noch nötig, in die Thonzelle des Apparates verdünnte Schwefelsäure (1:20) einzugiefsen und das Standglas etwa zur Hälfte mit conzentrierter Kupfervitriollösung zu füllen, um den Apparat in Thätigkeit setzen zu können. Dafs das in die Thonzelle eintauchende, als Anode dienende Zinkkreuz gut amalgamiert sein mufs, versteht sich wohl von selbst. Um eine Beschädigung der Thonzelle durch abbröckelnde Zinkteilchen zu verhüten, bindet man passend um das Zinkkreuz ein Säckchen aus Leinwand. Um einen möglichst dichten Kupferniederschlag zu erzielen, fügt man zu der Kupfervitriollösung einige Tropfen conzentrierter Schwefelsäure hinzu. Aufserdem wirft man auf den Boden des Standglases einige Kupfervitriolkrystalle, die als Ersatz für das durch den Strom verbrauchte Salz dienen sollen, und hebt von Zeit zu Zeit die ganze Vorrichtung aus dem Standglas heraus, um die Kupfervitriollösung, die am Boden noch conzentriert, in ihren oberen Schichten aber schon salzarm ist, mit einem Glasstabe umzurühren. Die Matrize soll dem Thoncylinder möglichst nahe sein, doch hüte man sich, dafs kein Kupfer von der Matrize an die Zelle heranwächst, da diese sonst beschädigt würde. Auch empfiehlt es sich, die Spitze des Kupferdrahts nicht während der ganzen Dauer des Prozesses dieselbe Stelle der Matrize berühren zu lassen, da sonst leicht an dieser Stelle ein Loch im Abdruck entstehen kann. Nach etwa 3—4 Tagen wird der Kupferniederschlag die nötige Stärke besitzen, so dafs man den Apparat auseinandernehmen kann. (Die Kupfervitriollösung bleibt im Standglas, der Rahmen samt dem gut gereinigten Zinkkreuz wird für sich aufbewahrt; die Thonzelle wird nach dem Ausgiefsen der verdünnten Schwefelsäure und dem Abspülen am besten ganz unter Wasser aufgehoben.)

Um den Kupferabdruck bequem von der Matrize abnehmen zu können, legt man die Matrize einige Augenblicke in lauwarmes Wasser ein. Durch Rückwärtsbiegen des überstehenden Randes der Guttapercha gelingt es dann leicht, den Abdruck von der Form loszulösen. Sollte hierbei etwas Guttapercha an dem Abdruck hängen bleiben, so entfernt man dieselbe mit Schwefelkohlenstoff, der die Guttapercha auflöst. Will man dem Kupferabdruck durch Entfernen des überstehenden Randes ein gefälligeres Aussehen geben, so bestreicht man (nach Weinhold) die Rückseite des Abdrucks mit Lötwasser, legt ein Stückchen Weichlot auf und bringt das Lot über der kleingedrehten Bunsenschen Flamme zum Fliefsen. An dem auf diese Weise verstärkten Kupferabdruck läfst sich der überstehende Rand mit einer scharfen Drahtbeifszange oder mit einer Feile entfernen, ohne dafs man ein Ausbrechen des spröden galvanoplastischen Kupfers zu befürchten hat. Schliefslich reinigt man den Abdruck unter Zuhülfenahme eines kleinen Bürstchen mit Schlämmkreide, die man mit Alkohol verrieben hat.

Für die Praxis.

Selbstherstellung von Leydener Flaschen. Von **E. Grimsehl**, Cuxhaven. Bei der Selbstherstellung Leydener Flaschen hat man gewöhnlich einige Schwierigkeit mit der Befestigung des zur inneren Belegung führenden Drahtes. Ich habe es sehr praktisch

gefunden, wenn man für die Leydener Flaschen gröfsere Pulvergläser mit eingeschliffenem Glasstopfen verwendet, deren Öffnung so grofs ist, dafs man beim Kleben der inneren Belegung mit der Hand in die Flasche kommen kann. Es existieren im Handel solche Pulvergläser, deren Glasstopfen oben flach ist und der innen hohl ist. Es gelingt nun leicht, mit der Dreikantfeile unter Benutzung von Terpentinöl durch diesen Stopfen ein Loch zu bohren. Durch dieses Loch führt man den zur Belegung führenden Draht hindurch und kittet ihn mit etwas Gummikitt fest. An das untere Ende des Drahtes wird eine weite Spirale von Messingdraht gelötet, die federnd auf den Boden der Flasche, eventuell unter Zwischenlegen einiger Stanniolstücke drückt. Das Gewicht des nur lose eingesetzten Glasstopfens sorgt dafür, dafs der Draht eine feste, unveränderliche Lage behält. Diese Befestigung ist bequemer und reinlicher als die mit einem Korkstopfen. Zugleich wird durch den mit Schellack bestrichenen Glasstopfen eine gute Isolation erreicht.

In der Figur zur Mitteilung über „Resonanz bei Entladung Leydener Flaschen“ (S. 162) ist eine solche Flasche abgebildet.

Einfachster Versuch über Elektrolyse. Von **J. Jung** in Bielitz. In eine Schale mit Wasser tropft man etwas Schwefel- oder Salzsäure, sodafs man eine ganz schwach saure Flüssigkeit erhält, die ein hineingehaltenes Stück Zinkblech kaum angreift, was an der geringen Bildung von Wasserstoffbläschen ersichtlich ist. Legt man in die Flüssigkeit nun eine Münze, gleichgiltig ob aus Silber, Kupfer oder Nickel, so wird diese für sich allein von der Säure gar keine merkliche Beeinflussung erfahren; man braucht aber die mit Flüssigkeit bedeckte Münze blofs mit dem — in der Hand gehaltenen oder auch in die Schale gelegten — Zinkblechstückchen zu berühren, um zu bewirken, dafs ihre ganze Oberfläche sich sofort mit Bläschen bedeckt und eine lebhafte Gasentwicklung an der Münze beginnt. Dieselbe hört sofort auf, sowie man die Berührung zwischen Münze und Zinkblech aufhebt und ihre Heftigkeit steigert sich um so mehr, je inniger man jene Berührung gestaltet. Bei längerer Versuchsdauer erkennt man, dafs die Münze verzinkt wird. Man hat aber eben ein „galvanisches Element“ vor sich, dessen zwei Metallplatten einander inmitten der Flüssigkeit berühren, statt erst aufserhalb leitend verbunden zu sein.

Auffangen einer kleinen Wasserstoffmenge ohne pneumatische Wanne. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Ein Reagensglas wird mit Wasser gefüllt, mit einem Stück Tüll überdeckt und dessen überstehender Rand an der Glaswand herabgedrückt. Man tröpfelt unter Auftupfen auf das straff gespannte bedeckende Gewebe noch etwas Wasser nach, bis eine Luftblase nicht mehr vorhanden ist. Dann wird unter leichtem Daumendruck auf das mit der andern Hand immer noch straff gehaltene Gewebe das Gläschen umgewendet und in eine Stativklemme gebracht. Bringt man nun auf einer trocknen, wagerechten Fläche, Messerklinge, Glasplättchen oder dergl., ein kleines Natriumstück an die feuchte Tüllfläche, so begiebt sich bei schnellem, aber leichtem Andrücken das Metall sofort durch die Maschen des Tülls bis an die oberste Wasserschicht des Gläschens, wo es unter Wasserstoffentwicklung verschwindet.

Wechselströme lassen sich mit jeder Geissler'schen Röhre nachweisen. Bekanntlich tritt der positive Pol bei Gleichstrom in rötlichem Lichte auf, der negative in violettem. Influenzmaschinen kehren nicht selten ihre Stromrichtung von selbst um; man nimmt dies am einfachsten an einer eingeschalteten Geissler'schen Röhre wahr. Schaltet man nun eine Leydner Flasche ein und gibt man der Funkenstrecke eine solche Länge, dafs sich die Flasche oscillierend entladet, so erscheinen die beiden Elektroden der Geissler'schen Röhre von gleichartigem Lichte umgeben. Damit die Entladung eine oscillierende wird, mufs $R < \sqrt{\frac{2L}{C}}$ sein, wo R den Widerstand, L den Coëffizienten der Selbstinduktion und C die Capazität bedeutet.

W. Weiler. Esslingen.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche aus der Wärmelehre. In der Pr.-Abh. des Realgymnasiums zu Altona (Ostern 1899, Pr. No. 301) beschreibt H. Lüdtke Versuche aus der Wärmelehre und verwandten Gebieten, zum Teil im Anschlufs an Loosers Doppelthermoskop. Hervorgehoben sei daraus, dafs der eben genannte Apparat dazu dienen kann, das Verhältnis k der beiden spezifischen Wärmen der Gase zu bestimmen, und zwar anknüpfend an die Versuche 26 und 27 in der Abhandlung Loosers (d. Ztschr. *VIII 296*) und an den Versuch, den Niemöller in d. Ztschr. (*VI 140*) mitgeteilt hat. Es bedarf dazu nach der Methode von Clément und Désormes nur des folgenden Verfahrens: Man verdichtet die Luft in einer Flasche etwas durch Hineinblasen und setzt die Flasche dann mit einem Indikator des Thermoskops in Verbindung; nachdem die Luft Zimmertemperatur angenommen hat, liest man den Ausschlag am Indikator (z. B. 10 cm) ab. Man öffnet nun den Hahn, sodafs die Flüssigkeitssäule auf ihre normale Höhe sinkt, und schliefst ihn sofort wieder, worauf nach einiger Zeit ein neuer Ausschlag des Indikators (etwa 3 cm) zu beobachten ist. Daraus berechnet man $k = \frac{10}{10-3} = 1{,}43$. Bei der Ausführung ergaben sich für k aus vier Versuchen die Werte 1,50 — 1,34 — 1,72 — 1,33 — deren Mittelwert 1,47 war, eine allerdings nur für einen Demonstrationsversuch ausreichende Annäherung. Einige weitere Bemerkungen über den Versuch und die theoretische Behandlung möge man in der Abhandlung selbst nachlesen.

Die Abhandlung bringt ferner Versuche über die Zusammendrückbarkeit und Expansion der Luft, die Demonstration der Wasserluftpumpe, die Ozonbildung, die Porosität von Thonzellen und deren thermisches Verhalten. Ein elektrischer Signalapparat, bei dem die durch Osmose bewirkte Verschiebung einer Quecksilbersäule zum Schliefsen eines Stroms benutzt wird, ist in ganz ähnlicher Ausführung bereits von B. Schwalbe (d. Ztschr. *VII 177*) beschrieben. Das gleiche Prinzip des Stromschlusses empfiehlt der Verfasser auch zum Nachweis der Ausdehnung von Stäben, Flüssigkeiten und Gasen beim Erwärmen, wofür verschiedene zweckmäfsige Vorrichtungen angegeben werden. Als Manometerflüssigkeit wird gleichfalls Quecksilber benutzt, das beim Steigen die leitende Verbindung zwischen zwei Drähten herstellt. Der Stromschlufs wird durch ein Rasselwerk (elektrische Klingel ohne Glocke) hörbar gemacht. Der Verfasser giebt dieser Art der Demonstration den Vorzug vor der gewöhnlichen namentlich bei Benutzung von Lehrzimmern, die verhältnismäfsig breit sind, da hier bei fester Stellung der Apparate die Versuche nur mangelhaft von allen Plätzen aus gesehen werden können. *P.*

Glüherscheinung beim Einwirken von Schwefelwasserstoff auf Bleisuperoxyd. Von L. Vanino und O. Hauser. Beim Überleiten von Schwefelwasserstoff über Wismutpentoxyd wurde eine Reaktion unter Feuererscheinung schon von Hilger, Silge und van Scherpenberg beobachtet. Leitet man Schwefelwasserstoff auf angefeuchtetes oder trockenes Bleisuperoxyd so tritt nach Vanino und Hauser eine ähnliche Erscheinung ein: Die ganze Masse erglüht und der Schwefelwasserstoff verbrennt mit der fahlblauen Flamme des Bleies. Die Reaktion ist nicht nur als Vorlesungsversuch geeignet, sondern kann auch zum Entzünden von Explosionsgemischen dienen. So läfst sich mittels der beiden Reagentien eine mit Wasser vollständig durchtränkte Schiefsbaumwolle zur Entzündung bringen; Pikratpulver verpuffen augenblicklich, Metallpulver wie Zink, Aluminium, Wismut verbrennen unter Funkensprühen. Damit die Wirkung eintrete, darf das Bleidioxyd nicht auf eine Fläche verteilt sein, sondern mufs in kleinen Anhäufungen zur Verwendung kommen. (*Berichte d. d. chem. Ges. XXXIII S. 625, 1900.*) *O.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Elektrische Wellen. In der *Nature* (*60, 436; 1899*) beschreibt F. J. Jervis-Smith einen einfachen und leicht herstellbaren Empfänger für Hertzsche Wellen, der bereits bei



etwa $^1/_{16}$ Milliampère ausgezeichnete Ergebnisse liefert. In Fig. 1 sind *M* und *N* die Pole des permanenten Magneten eines d'Arsonval-Galvanometers, *k* dessen Spule, die 500 Ohm Widerstand hat, *H* der innere feste Kern aus weichem Eisen, *L L* die flachen Aufhängungsdrähte und *J* ein Ebonitstab, an dem seitlich ein kleiner Fritter befestigt ist. Dieser bildet einen Teil des Galvanometerkreises und bewegt sich mit der Spule. Die Enden *A* und *B* der Aufhängungsdrähte sind an einem in der Zeichnung weggelassenen Gestelle befestigt. In den Kreis sind ein kleines Trockenelement *O* und ein induktionsfreier Widerstand *R* von 16 000 Ohm eingeschaltet. Um den Empfänger, sobald er durch eine Hertzsche Welle leitend geworden ist, wieder in den Zustand hohen Widerstandes zu versetzen, wird er bei der Ablenkung gegen eine Spitze *F* gedrückt, deren Seitenansicht in Fig. 2 abgebildet ist. Diese Spitze wird mittels eines Wasserstrahls folgendermafsen in einen Schwingungszustand versetzt: *DE* ist ein Rohr, das an einem Ende durch eine elastische Scheibe, an der der Vorsprung *F* sitzt, verschlossen wird; bei *E* strömt der Strahl so ein, dafs das Wasser die Mitte der Scheibe trifft. Der Ausflufsstutzen ist durch den Stab *Q Q* mit dem Rohr verbunden, das wie ein Resonator die Ausströmung so beeinflufst, dafs *F* in Schwingung versetzt wird. Die aufgehängte Spule *K* ist mit einem Spiegel und einem Zeiger versehen, so dafs ihre Bewegungen bequem zu sehen sind. Die Fangflügel sind bei *A* und *B* an dem Apparat befestigt. Die in eine Flüssigkeit eintauchende Scheibe *S* dämpft die Bewegungen der Spule. Der Abstand der Pole des Fritters war so klein wie möglich; die Füllung war eine 8 %-ige Legierung (*8 per cent. alloy*), die in der Knallgasflamme hergestellt und mit der Feile zerkleinert worden war, und viel empfindlicher als das Gemenge aus Feilspänen der beiden Metalle[1]).

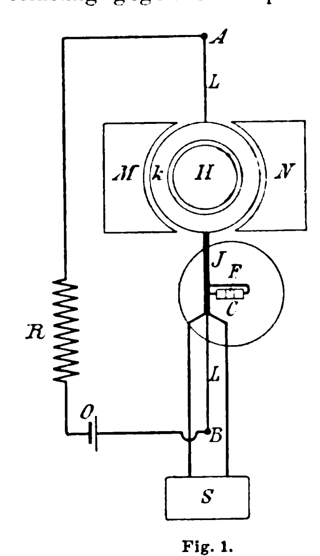


Fig. 1.

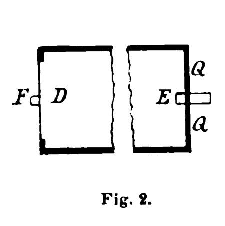


Fig. 2.

Über das Verhalten verschiedener Metalle im Fritter hat J. Chunder Bose zu Calcutta eingehende Untersuchungen angestellt. (*E. T. Z. 20. 688; 1899*). Infolge der warmen und feuchten Witterung Bengalens oxydiert sich dort bald Stahl oder Eisen in den Frittern, wodurch deren Empfindlichkeit beträchtlich vermindert wird. Bose füllte daher die Fritter mit engen Spiralen aus dünnem Silberdrahte, der elektrolytisch mit Kobalt überzogen war. Diese Füllung ist in hohem Mafse empfindlich gegen elektrische Strahlungen und zugleich fest gegen chemische Einwirkungen der Luft. Im Anschlufs hieran untersuchte er die Frittereigenschaften verschiedener Metalle, wobei er sich sinnreicher Vorrichtungen bediente, um den Druck, mit dem die Metallteilchen einander berühren, und die E.M.K. abzuändern. Er fand im allgemeinen, dafs frisch hergestellte Fritter zwar schwieriger einzustellen, aber empfindlicher als ältere sind. Metalle mit blanker Oberfläche sind gleichfalls schwieriger einzustellen und empfindlicher als solche mit stumpfer Oberfläche. Bei einem frischen Fritter beobachtete Bose bei mäfsigem Druck und kleiner E.M.K. eine Zunahme des Widerstands unter dem Einflufs der Strahlung, dabei erholte sich dieser Empfänger von selbst ohne vorherige Erschütterung von der Einwirkung der Wellen; nach einiger Zeit ging er in einen Zustand über, bei dem die Strahlung stets eine Verringerung des Widerstandes hervorrief. Ein anderer Fritter erwies sich anscheinend fast ganz unempfindlich gegen Wellen, eine Untersuchung mittels des Telephons zeigte jedoch, dafs dem Ansprechen sofort von selbst das Wiedereinstellen folgte. Nach 20 oder 30 Einstellungen verlor der Fritter diese Eigenschaft. Bei der Mehrzahl der Metalle findet gewöhnlich eine Verminderung des Widerstandes

[1]) Der Verfasser nennt leider die beiden Metalle nicht, es ist daher wohl anzunehmen, dafs er wie Marconi Nickel und Silber benutzt hat.



bei der Einwirkung der Wellen statt und im allgemeinen verschwindet die gelegentliche Widerstandszunahme mit der Steigerung des Druckes und der E.M.K.

Die Ergebnisse Boses sind im einzelnen folgende: Kalium. Die Strahlung bewirkt eine Widerstandszunahme, auf die sofort von selbst eine Wiedereinstellung folgt Diese wertvolle Eigenschaft zeigt der Empfänger dauernd, so lange er in Petroleum eintaucht. Natrium zeigt im allgemeinen das gleiche Verhalten, doch nicht in gleicher Stärke, auch spricht es schwieriger an. Bei Lithium treten ähnliche Erscheinungen auf, doch sind sie schwächer und unsicherer. Calcium verhält sich unter Petroleum ähnlich wie Natrium, doch ist die Neigung, sich selbst einzustellen, sehr schwach. Magnesium, das einen in sehr hohem Mafse empfindlichen Empfänger liefert, vermindert den Widerstand unter Einwirkung elektrischer Strahlen. Doch läfst sich bei sorgfältiger Einstellung auch eine Zunahme des Widerstandes erzielen. Zeitweise ist es möglich, so einzustellen, dafs eine Bestrahlung eine Verminderung, die nächste eine Vermehrung des Widerstandes u. s. w. hervorruft. Meistens stellen sich Empfänger aus diesem Metalle von selbst wieder ein. Die Empfindlichkeit des Zinks ist mäfsig und die des Kadmiums noch geringer. Wismuth und Antimon geben bei kleiner E.M.K. sehr empfindliche Empfänger. Eisen, dessen Verhalten bereits bekannt, ist normal. Nickel und Kobalt sind sehr, Mangan, Chrom und Aluminium etwas weniger empfindlich. Zinn, das schwierig einzustellen, ist vollkommen, Blei etwas weniger und Thallium nur mäfsig empfindlich. Die Empfindlichkeit von Molybdän und Uran ist gering. Platin und Platinschwamm zeigen einen mäfsigen Grad der Empfindlichkeit. Palladium, dessen Einstellung schwieriger ist, liefert empfindlichere Fritter als Platin. Das mäfsig empfindliche Osmium erfordert eine höhere E.M.K., Rhodium zeigt sich empfindlicher als Osmium. Kupfer, dessen Empfindlichkeit mäfsig ist, erfordert eine kleine E.M.K. Gold ist schwer einzustellen und nur wenig empfindlich. Silber verhält sich ganz unbeständig, es zeigt bald eine Verminderung, bald eine Vermehrung des Widerstandes. *H.-M.*

Über Natur und Ursache des Cohärerphänomens stellte T. Tommasina weitere Untersuchungen an (*C. R. CXXIX, 40; 1899*). Die Vermehrung der elektrischen Leitungsfähigkeit der Feilspäne ist die Folge der Bildung von Ketten; diese Ketten bilden sich besonders gut in einer elektrolytischen Flüssigkeit, wenn man in dieser ein horizontales Brettchen anbringt und auf diesem Eisenfeilspäne zwischen Elektroden eines Rühmkorff von 35 cm Funkenlänge ausbreitet. In destilliertem Wasser erhielt der Verf. bei Benutzung des Unterbrechers Ketten von mehr als 20 cm Länge. Bei Verringerung der Stromstärke bilden und erheben sich eine Menge dieser Ketten und scheinen mit Anstrengung nach der Elektrode hinzulaufen. Bei Verstärkung des Stroms erreicht dann eine der Ketten die Elektrode und heftet sich dort an. Der unmittelbare Erfolg hiervon ist, dafs alle andern Ketten in Bruchstücke zerfallen und jede Bewegung in der Feile aufhört. Selbst durch heftige Stöfse läfst sich die jetzt leitend gewordene Feilbrücke nicht zerstören, was bei Öffnung des Stromes mit Leichtigkeit geschieht.

Die Bildung der Ketten wird bewirkt durch die Einstellung der leitenden Metallteilchen in die Richtung der Kraftlinien des elektrischen Feldes. Diese lassen sich in folgender Weise besonders gut sichtbar machen. In einem sehr breiten und am Boden ebenen Gefäfs wurde Silberfeile ausgestreut und diese mit einer Schicht destillierten Wassers von 3 bis 4 mm Dicke bedeckt. Zwei in Glasröhren eingeschlossene Aluminiumdrähte tauchten in das Wasser und berührten mit den freien Enden den Boden des Gefäfses. Giebt man dem Gefäfs eine schwingende Bewegung und verstärkt den Strom, so beobachtet man im Dunkeln die Kraftlinien in Form von leuchtenden Curven. Verf. ist der Ansicht, dafs diese Versuche in vergröfserter Form dasselbe zeigen, was in dem Cohärerfelde vor sich geht.

Cohärer aus Metallkugeln untersuchte Branly auf ihre Wirksamkeit (*C. R. CXXVIII, 1089; 1899*). Die Kugeln hatten etwa 12 mm Durchmesser und wurden in Glasröhren aufgeschichtet. Als empfindlich zeigten sich Kugeln aus Eisen, Stahl, Aluminium, nicht empfindlich waren Kugeln aus Blei. Der Verf. giebt genaue Zahlen für die Abnahme des Wider-



standes nach der Bestrahlung durch elektrische Wellen. Das Ergebnis blieb dasselbe, wenn die Kugeln horizontal neben einander lagen oder wenn ihre Durchmesser zwischen 5 und 15 mm variierten. 6 Stahlkugeln gaben einen ebenso guten Cohärer wie eine Röhre mit Feilicht aus Goldlegierung. Im allgemeinen hängen die Wirkungen ab vom Durchmesser, der Anzahl, der Politur, dem Drucke der Kugeln und von dem Gasdruck in der Röhre.

Zur Messung der Geschwindigkeit elektrischer Wellen benutzte Mac Lean (*Phil. Mag. 48, 118; 1899*) eine äufserst einfache Cohärerform. In einem Glasrohr befinden sich zwei Platinkugeln in Berührung mit einander; an jeder Kugel sitzt eine Spirale aus Platindraht, von denen die eine am Ende eine Mikrometerschraube trägt, mit der die Platinkugeln gegen einander verstellt werden können. Seine Kapazität und Selbstinduktion erhält der Cohärer durch zwei grofse Stanniolscheiben, die auf beiden Seiten einer 5 cm dicken Glasplatte befestigt und durch ca. 1 m lange Kupferdrähte mit den Enden der Platinspiralen verbunden sind. In den Stromkreis des Cohärers ist ein Widerstandskasten und ein Milliampèremeter eingeschaltet. Vor Beginn der Messungen wird durch die Mikrometerschraube sorgfältig der geringst-mögliche Contakt der Platinkugeln hergestellt, was durch Beobachtung der Milliampèrenadel leicht festzustellen ist. Durch elektrische Wellen wird der Contakt sofort verstärkt, und der Ausschlag der Nadel wächst. Verf. fand die gegebene Anordnung zur Messung von elektrischen Wellenlängen geeigneter als alle Cohärer von Lodge, Marconi oder Branly. Alle Röhren mit Metallfüllung haben den gemeinsamen Fehler, dafs die Nadel des Ampèremeters nicht rasch wieder in ihre Nullstellung zurückkehrt. Bei dem Cohärer des Verf. ist ein Klopfen unnötig; die Rückkehr in den Anfangszustand erfolgt vermöge der Elastizität der Platinspiralen, durch die der Stromkreis sofort wieder geöffnet wird. Man könnte den beschriebenen Cohärer ein „Elektrobolometer“ nennen; seine Handhabung ist nicht schwieriger als die des Wärmebolometers.

Der Verf. mafs die Länge der elektrischen Wellen, indem er den Cohärer von dem Oscillator entfernte und die Ausschläge der Galvanometernadel in verschiedenen Entfernungen notierte. Es zeigte sich hierbei, dafs, sobald der Stromkreis des Oscillators geschlofsen wurde, eine elektrostatische Einwirkung auf die Cohärerkugeln stattfand, die in verschiedenen Entfernungen von verschiedener Gröfse war und den Ausschlag der Nadel beeinflusste. Diese Erscheinung giebt vielleicht Aufschlufs über die wahre Ursache des Cohärerphänomens. Bei den Messungen wurde sie dadurch eliminiert, dafs jedesmal die Differenz zweier auf verschiedene Art erhaltener Ausschläge genommen wurde, die von jener Störung unabhängig war. Die so erhaltenen Zahlen waren allerdings sehr klein, aber sehr regelmäfsig. Die graphische Darstellung derselben als Funktion der Entfernung giebt eine deutliche Wellenkurve, in der die Knoten und Bäuche scharf hervortreten. Die Wellenlänge war 541,5 cm. Die Schwingungsdauer der Oscillationen wurde durch Photographie auf $1{,}976 \times 10^{-8}$ Sek. bestimmt; daraus ergab sich die Geschwindigkeit zu $2{,}991 \,.\, 10^{10}$ cm.

Zur Vergleichung der Geschwindigkeiten elektromagnetischer Wellen in Luft und an Drähten entlang benutzt C. Gutton folgende Methode (*C. R. CXXVIII, 1508; 1899*). Von einem Erreger gehen gleichzeitig zwei Wellensysteme aus; das eine pflanzt sich beständig an Kupferdrähten entlang fort, während das andere einen Teil seines Weges in Luft ausführt. Beide Wellensysteme treffen auf dieselbe Branlysche Röhre, die so angebracht ist, dafs, wenn die Wellen sie zu gleicher Zeit erreichen, ihre Wirkungen sich aufheben. Die relative Länge der von den Wellen durchlaufenen Wege wird so lange verändert, bis man keine Einwirkung auf die Röhre mehr beobachtet; beide Wellensysteme brauchen dann die gleiche Zeit, um vom Erreger zur Röhre zu gelangen. An Stelle der Luftstrecke der Wellen setzt man nun eine gleiche Länge geradliniger Drähte und sieht zu, ob die Wellen noch in derselben Zeit die Branlysche Röhre erreichen. — Die genau im einzelnen beschriebenen Versuche ergaben die Gleichheit der beiden Geschwindigkeiten bis auf weniger als $^1/_{200}$.

Die Durchlässigkeit verschiedener Flüssigkeiten für Hertzsche Wellen untersuchte E. Branly (*C. R. CXXIX, 672; 1899*), indem er die Entfernungen bestimmte, in



denen ein Wellenzug nach dem Durchgange durch eine Flüssigkeitsschicht von 20 cm Dicke auf einen Cohärer keine Wirkung mehr ausübte. Von den Ergebnissen sei hervorgehoben, dafs destilliertes Wasser und Quellwasser eine drei- bis viermal so starke Absorption ausüben als Luft oder mineralisches Öl. Seewasser hielt die angewandten Wellen viel mehr zurück als eine Cementmauer von derselben Dicke. Die Sulfate von Zink und Kupfer zeigten geringere, aber noch der des Natriumchlorürs vergleichbare Absorption.

Eine neue Methode zur Bestimmung der Dielektrizitätsconstante und der elektrischen Absorption kleiner Substanzmengen vermittelst elektrischer Drahtwellen beschreibt Coolidge (*Wied. Ann. 69, 125; 1899*). Bereits 1897 hatte Drude diese Gröfsen dadurch bestimmt, dafs er die Resonanzlänge eines Drahtsystems aufsuchte, welches einen kleinen, mit der zu untersuchenden Substanz gefüllten Condensator enthielt. Coolidge schaltet diesen Condensator in das Erregersystem ein und bestimmt die dadurch herbeigeführte Änderung der Wellenlänge. Er benutzte dazu sowohl die Blondlotsche, wie die Lechersche Anordnung. Bei der ersteren befindet sich der Condensator, ein mit der betr. Flüssigkeit zu füllender kleiner Glaskolben, dessen Elektroden auf beiden Drähten liegen, zwischen dem Erregerkreis und der ersten Brücke; hinter dieser liegt um $^1/_4$ Wellenlänge entfernt eine Zehndersche Röhre, und die zweite Brücke wird an die Stellen des Drahtsystems geschoben, bei denen die Röhre aufleuchtet. Eine Änderung der Substanz des Condensators giebt eine Änderung der Wellenlänge, aus der die Dielektrizitätsconstante zu bestimmen ist. Gewöhnlich wurden Aichflüssigkeiten (Mischungen von Benzol und Aceton) mit bekannter Dielektrizitätsconstante in das Condensatorgefäfs gebracht und die zugehörige Wellenlänge gemessen. Den elektrischen Absorptionsindex findet man aus der zeitlichen Dämpfung der Wellen, die man aus der hinter der ersten Brücke zu beobachtenden Knotenzahl erschliefsen kann. Die Methode eignete sich besonders für nicht zu stark absorbierende Substanzen. Verf. bestimmte damit die Dielektrizitätsconstanten einiger verflüssigter Gase: Schwefeldioxyd, Ammoniak, Kohlendioxyd. Für Wasser wurde der Temperaturcoëfficient seiner Dielektrizitätsconstante zu 0,432 % pro Grad bei 17,0° bestimmt. Mit einer etwas modifizierten Anordnung konnte die Absorption des Wassers bei einer Wellenlänge $\lambda = 147$ cm gemessen werden; der Absorptionsindex betrug hier $\varkappa = 0{,}0082$. Daraus läfst sich die Wellenlänge, für die $\varkappa$ einen maximalen Wert annehmen würde, zu $\lambda = 3{,}6$ mm annähernd schätzen.

Für nicht absorbierende Substanzen eignete sich besser die Lechersche Anordnung. Hier wurden zwischen Funkenstrecke und erster Brücke in jeden der beiden Paralleldrähte je ein kleiner Condensator der oben beschriebenen Art eingeschaltet. Auch hier wurden die Änderungen der Wellenlänge bestimmt und Aichflüssigkeiten benutzt. Verf. bestimmte so die Dielektrizitätsconstanten der Alkohole in verdünnter Lösung; diese nehmen mit der Verdünnung ab und nähern sich einem Grenzwerte. *Schk.*

Die elektrische Entladung. Über Spitzenentladung bei Hochfrequenzströmen berichtet F. Himstedt (*Wied. Ann. 68. 294; 1899*). Der Verf. hatte bereits früher gefunden, dafs, wenn man auf dem einen Pole eines Teslatransformators eine Spitze befestigt und dieser in einer solchen Entfernung, dafs keine Funken mehr überspringen, eine Scheibe gegenüberstellt, diese Scheibe sich stets positiv ladet, wenn die Ausstrahlung in Luft oder Sauerstoff, negativ, wenn sie in irgend einem andern Gase stattfindet. Die Richtung des primären Stromes und die Art des Teslapoles sind dabei gleichgiltig. Wie Wesendonck später gezeigt hat, erhält man das gleiche Ergebnis auch ohne Teslaspule bei den schnellen Oscillationen der Lecherschen bezw. Blondlotschen Anordnung für Hertzsche Versuche. Nach Beobachtungen Pflügers ist die Menge Elektrizität je nach dem Pol, der sie ausstrahlt, verschieden. Himstedt findet, dafs dieser Unterschied sehr gering wird, wenn man bei der Anordnung auf möglichst vollkommene Symmetrie achtet. Durch Änderung der Stärke des in das Induktorium geschickten Stromes kann man es einrichten, dafs bald der eine, bald der andere Pol mehr Elektrizität ausstrahlt; auf Grund dieser Thatsache erklärt Verf. die Erscheinung aus der verschiedenen Zahl der Schwingungen, in der sich die Condensator-

ladungen ausgleichen können und die dann die Spannungen an den Teslapolen verschieden beeinflussen.

Weitere Versuche über die am Eingang besprochene Erscheinung zeigten, dafs eine Scheibe durch Ausstrahlung aus der Spitze eines Teslapols positiv, gar nicht, oder negativ geladen wird, je nach der Entfernung zwischen Spitze und Scheibe. Die verschiedenartigsten Anordnungen des Verf. hatten stets dasselbe Ergebnis. Eine Erklärung ergiebt sich, wenn man folgende Annahme macht: 1. Von einer auf dem Teslapole angebrachten Spitze wird in Luft mehr positive als negative Elektrizität ausgestrahlt. 2. Die von einer solchen Spitze ausgestrahlte negative Elektrizität vermag sich weiter in den Raum hinaus fortzupflanzen als die positive Elektrizität. Versuche bestätigten die Richtigkeit beider Annahmen. Läfst man eine Spitze bei constantem Potential das eine Mal +, das andere Mal — Elektrizität ausstrahlen, und sucht, in welcher Entfernung von der Spitze eine Scheibe aufgestellt werden mufs, damit sie gerade keine Ladung mehr erhält, so findet man bei — Elektrizität bis zu 50 Proc. gröfsere Entfernungen als bei + Elektrizität.

In andern Gasen zeigt die Erscheinung qualitativ denselben Verlauf wie in Luft. Doch giebt es zwei Gruppen: 1. Luft, Sauerstoff; 2. Wasserstoff, Leuchtgas, Stickstoff, Kohlensäure. Bei der ersten Gruppe läfst sich nur in geringerem Abstande starke positive Ladung, in gröfserem Abstande aber auch negative Ladung nachweisen. Bei der zweiten Gruppe erhält man im allgemeinen negative Ladungen, doch gelingt es bei sorgfältiger Einstellung auf solchen Spitzenabstand, dafs gerade keine Funken übergehen, auch positive Ladungen zu erhalten.

Gingen die Entladungen eines Teslapoles auf eine gegenüberstehende Platte in einem rings geschlossenen, mit Luft erfüllten Raum vor sich, so nahmen sie sehr rasch an Stärke ab, und es bildete sich dabei NO_2. War das Gefäfs mit NO_2 gefüllt, so war die Entladung von vorn herein sehr gering, und zwar bald +, bald —. Auch CO_2 und O_2 gaben eine ähnliche Verminderung der Ladung, nicht dagegen Wasserstoff.

Den Einflufs minimaler Verunreinigungen eines Gases auf die Spitzenentladung schildert Warburg in den *Berichten d. Berl. Akad. 1899, S. 770.* Die Versuche wurden mit der in dieser *Ztschr. XII, 291* beschriebenen Methode angestellt. Ging die negative Entladung in reinem Stickstoff vor sich, so nahm die Stärke des durch das Gas gehenden Stromes mit der Zeit ab, nahm aber bei Einfüllung von frischem Stickstoff wieder den früheren Wert an. Die Ursache dieser Erscheinung glaubt der Verf. in Sauerstoffresten zu finden, die vom Platin und den Glaswänden langsam entweichen. Wurde der Stickstoff durch ein mit Kupferdrahtnetz gefülltes Glasrohr geleitet, so nahm die negative Leitung stets zu, sobald das Kupfer zum Glühen gebracht wurde. Bei positivem Spitzenpotential wurde die Leitung durch kleine Verunreinigungen des Stickstoffs nicht so stark beeinflufst. Auch bei Wasserstoff (und Helium) wurde die negative Leitung durch Verunreinigungen erheblich herabgesetzt; nach Reinigung blieb sie monatelang unverändert. In einer theoretischen Betrachtung geht Warburg von der Annahme aus, dafs die elektrische Leitung der Gase durch Ionen erfolgt. Bei der Spitzenentladung bewegt sich nur die eine Ionenart, die das Zeichen der Entladung besitzt, weiter. Nimmt man nun an, dafs die Stickstoffionen Sauerstoffteilchen an sich verdichten, so werden die negativen Ionen, die nach Thomson viel kleiner sind als die positiven, in ihrer Beweglichkeit durch das Sauerstoffion mehr beeinträchtigt werden als die positiven Ionen. Diese Hypothese würde die Abnahme des Stromes bei negativer Entladung erklären.

Über eine Veränderung, welche Glimmlichtentladungen in verdünnten Gasen hervorrufen, berichtet Ebert (*Wied. Ann. 69, 372; 1899*). Diese Veränderung besteht wahrscheinlich in dem Andauern gewisser Ladungen der Gasteilchen; sie äufsert sich dadurch, dafs beim Sinken des Gasdrucks die Entladungsspannung zunächst sinkt, dann bei einem bestimmten „Umkehrdruck“ wieder steigt. Diese Umkehrdrucke verhalten sich wie die mittleren freien Weglängen der Gasmoleküle bei demselben Drucke. Bei Wechselstrom entladungen treten die Umkehrungen in cylindrischen Röhren dann auf, wenn die von



Glimmlicht erfüllten Gasmassen etwa die Hälfte des Entladungsraumes einnehmen; die Umkehrdrucke sind daher von Länge und Weite der Röhre abhängig. Durch Verschieben einer beweglichen Elektrode läfst sich die Umkehr bei einem beliebigen Druck herbeiführen. Eine bewegliche Elektrode erleidet bei der Umkehr einen mechanischen Rückstofs.

Über Methoden zur Darstellung von Entladungsfiguren berichtet Fomm (*Wied. Ann. 69, 479; 1899*). Auf zur Erde abgeleitetes Stanniol wird eine Glasplatte gelegt und diese mit einer dünnen Schicht Schmieröl übergossen. Bringt man auf die Platte einen zugespitzten Metallstab, der mit dem positiven Pol der Influenzmaschine verbunden ist, so bildet sich auf dem Öl die strahlenförmige Figur, im Dunkeln unter Lichterscheinung. Wird die positive Ladung auf die Schichtseite einer photographischen Platte gebracht, deren Glasseite auf abgeleitetem Stanniol liegt, so zeigt sich die Figur nach der Entwickelung auf der Platte. Auf Holz, das senkrecht zur Wachstumsrichtung geschnitten wurde, sind die Figuren kreisförmig, ist das Holz in einer anderen Richtung geschnitten, werden sie elliptisch. Auch diese lassen sich auf lichtempfindlichem Papier, das mit der Schichtseite auf die Holzplatte gelegt wird, fixieren. Hierbei tritt auch die Struktur des Holzes hervor. Noch deutlicher zeigt sich diese bei folgendem Versuch. Die sehr trockene, fein geschliffene Holzplatte wird auf abgeleitetes Stanniol gelegt, mit lichtempfindlichem Papier bedeckt und dieses durch eine in 5 cm Entfernung darüber gebrachte Spitze negativ geladen. Die zwischen Papier und Holz befindliche dünne Luftschicht wird dann mit blauem Licht luminescierend und zwar am stärksten an den Jahresringen, die auf dem entwickelten Papier äufserst scharf hervortreten. Während die Jahresringe bei allen Hölzern dunkel werden, sind die Markstrahlen im Eichenholz hell, im Buchenholz dunkel abgebildet. Die Untersuchung zeigt, dafs letzteres reicher an Stärkekörnern ist als das erste; das elektrophotographische Bild giebt also die Eigenart des Holzes wieder. Man erhält das Bild des Holzes mit den Jahresringen auch auf gewöhnlichem Papier, das während der Entladung mit Mennige- oder Graphitpulver bestreut wird.

Die Spektra oscillierender Entladungen untersuchte G. A. Hemsalech (*C. R. CXXIX. 285; 1899*). In Verbindung mit Schuster hatte der Verf. bereits früher gezeigt, dafs, wenn man eine Spule mit Selbstinduktion in den äufseren Entladungskreis einer Leydener Flasche einschaltet, man aus dem Spektrum des Funkens fast alle von der Luft herrührenden Linien entfernen kann, so dafs man auf eine sehr bequeme Art allein die Metalllinien der Elektroden erhält. Durch passende Wahl der Selbstinduktion kann man die Intensität einzelner Linien verstärken, während andere merklich schwach werden oder sogar völlig verschwinden.

Der Verf. hat weiterhin eine ganze Zahl Spektra von verschiedenen Metallen und Gasen studiert. Zur Identifikation der Linien wurde die photographische Methode angewandt; die äufsersten auf der Platte erhaltenen Strahlen lagen bei $\lambda = 5900$ und $\lambda = 3400$. Der oscillierende Funke wurde erzeugt durch die Entladung von 3 Leydener Flaschen mit Ableitung auf die sekundäre Rolle eines Rühmkorff von 25 cm Schlagweite und durch Einfügung einer Selbstinduktion von 0,00012 bis 0,0038 Henry. Auf derselben photographischen Platte erzeugte man genau übereinander zwei Spektren, das eine mit, das andere ohne Selbstinduktion; die Entfernungen zwischen den Linien wurden mit einer Teilmaschine gemessen und in Wellenlängen umgerechnet.

In den Spektren fällt vor allem das Fehlen der Luftlinien auf; bei sehr langer Expositionszeit (1 bis 2 Stunden) und bei Anwendung einer Selbstinduktion von 0,0038 Henry kann man indessen die cannelierten Banden des Stickstoffs wahrnehmen. Die Linien des Sauerstoffs werden unter denselben Bedingungen nicht sichtbar. Eine genauere Untersuchung zeigte, dafs die bei hoher Temperatur erzeugten „kurzen“ Linien es sind, die unter dem Einflusse der Selbstinduktion schwächer werden oder selbst verschwinden, während die bei niedriger Temperatur entstehenden „langen“ Linien, die besonders im Spektrum des Lichtbogens erscheinen, ihr Aussehen nicht verändern oder sogar glänzender werden. Man kann die Erscheinung dadurch erklären, dafs durch Einschaltung der Selbstinduktion die

Temperatur des Funkens erniedrigt wird. Eine andere Thatsache, die für diese Annahme spricht, ist, dafs in dem Spektrum des oscillierenden Funkens Linien auftreten, die nicht in dem gewöhnlichen Funken, wohl aber im Lichtbogen sichtbar sind. Durch Varriiren der Selbstinduktion kann man hiernach Spektra studieren, die bei Temperaturen zwischen der des Lichtbogens und der des gewöhnlichen Funkens erzeugt sind. Eine andere bemerkenswerte Erscheinung bei der oscillierenden Entladung ist das Auftreten der von den Verunreinigungen des Elektrodenmetalls herrührenden Linien, die im gewöhnlichen Funken unsichtbar sind.

Der Verf. giebt eine Tabelle der relativen Intensitäten der wichtigsten Linien im Wismutspektrum, wie sie bei Varriiren der Selbstinduktion auftritt. Was die Gase anlangt, so ist das Spektrum des Wasserstoffs am meisten charakteristisch. Bei diesen Gasen werden bei Atmosphärendruck die Linien des Spektrums der oscillierenden Entladung scharf, und die Schlagweite beeinflufst die Schärfe nicht. Bei zweistündiger Exposition und einer Selbstinduktion von 0,0038 Henry erhielt Verf. Linien, die sonst nur bei Anwendung Geisslerscher Röhren, wo das Gas verdünnt ist, auftreten. Eine Fortsetzung der Versuche behält sich der Verf. vor.

Die Entladung durch Flammen und glühende Körper führt P. Villard auf Kathodenstrahlen zurück (*C. R. CXXX, 125; 1900*). Die Annahme, dafs Flammengase als solche entladend wirken, ist unrichtig. Nähert man einen Bunsenbrenner einem Kasten aus Metallgaze, in dessen Innern sich ein geladener Körper befindet, so ist die Entladung nur gering, um so geringer, je enger die Maschen des Gewebes sind; sie würde Null sein, wenn keine Kraftlinie die Flamme erreichte. Bringt man dagegen die isolierte Flamme zwischen 2 Condensatorplatten, von denen die eine bis auf 800 Volt geladen ist, so ladet sich die zweite sehr bald auf Kosten der ersten, obwohl die Flammengase sie bei ruhiger Luft gar nicht erreichen. Umgiebt man die Flamme jetzt mit einem Cylinder von Drahtgewebe, das die Gase durchgehen läfst, die Kraftlinien aber aufhält, so hört die Ladung der zweiten Platte wieder auf. Eine Flamme im elektrischen Felde verhält sich also gerade so wie ein Bündel X-Strahlen: die Flammengase sind in derselben Weise wirksam wie röntgenisierte Luft. In Abwesenheit des Feldes ist die Flamme dagegen unwirksam.

Im Vacuum entladet ebenso ein weifsglühender fester Körper (Platindraht, Bügel einer Glühlampe etc.) einen geladenen Leiter; beträgt der Druck 0,1 bis 0,5 mm, so tritt die Gleichheit der Potentiale fast augenblicklich ein, selbst wenn die beiden Körper 40 cm von einander entfernt sind. Im Crookesschen Vacuum entladet sich der Leiter nur, wenn er positiv geladen ist; das Umgekehrte gilt für den erhitzten Körper. Verschiedene Versuche deuten darauf hin, dafs diese Entladungen in luftverdünnten Räumen durch Kathodenstrahlen verursacht werden. Darauf baut der Verf. die Hypothese auf, dafs glühende Körper auch in gewöhnlicher Luft Kathodenstrahlen aussenden, die den Lenardschen gleichen, nur von sehr schwacher Spannung; die Entladungen würden dann erfolgen durch die Produktion von Strahlen, die den X-Strahlen analog sind. Auch die Entladung durch ultraviolettes Licht, sowie durch Luft, die mit Phosphor in Berührung steht, will der Verf. auf Kathodenstrahlen zurückführen. Da Lenardsche Strahlen die Luft rasch ozonisieren, so würde diese Hypothese auch die Bildung von Ozon durch Flammen, glühende Körper, elektrische Funken und durch Oxydation des Phosphors erklären.

Eine Fluorescenz von Aluminium- und Magnesiumelektroden in Wasser und Alkohol beobachtete Th. Tommasina (*C. R. CXXIX, 957; 1899*). Eine eiförmige Glasröhre (frühere Vacuumröhre) wurde mit destilliertem Wasser gefüllt; die auf derselben Seite liegenden Aluminiumelektroden bildeten zwei Concavspiegel und waren mit dem positiven Pol eines Induktoriums verbunden, während ein Platindraht als Kathode diente. Im verdunkelten Zimmer fluorescierten die beiden Spiegel. Bei Verstärkung des Stromes war der Lichtschein so glänzend, dafs er nicht nur das Wasser und das Glas, sondern auch die nächsten Gegenstände erleuchtete. Ersetzte man den Platindraht durch einen Aluminiumdraht, so wurde dieser auch leuchtend. Der Lichtschein hatte einen ausgeprägt pulsierenden



Charakter; unterbrach man den primären Strom mit der Hand, so machte der Extrastrom bei der Öffnung die Anode, beim Schlufs die Kathode leuchtend. Auf einer photographischen Platte erhielt man in 32 Minuten ein deutliches Bild der beiden Spiegel, sowie die Umrisse der Röhre. Magnesium zeigte die Fluorescenz ebenfalls, wenn auch weniger stark, andere Metalle dagegen nicht. Von Flüssigkeiten konnte man auch Alkohol und schwach angesäuertes Wasser nehmen. Am lebhaftesten ist die Fluorescenz, wenn die Platten mit einer dünnen Oxydschicht bedeckt sind, doch konnten sie auch poliert sein. Wahrscheinlich ist aber die durch die sehr dünne dielektrische Oxydschicht gehende Entladung die Ursache der Fluorescenz. *Schk.*

Magnetische Untersuchungen. Wenn auch das Eisen als vorzüglichster Träger magnetischer Eigenschaften für die praktische Anwendung allein in Betracht kommt, so bietet die Untersuchung des magnetischen Verhaltens der andern Stoffe hohes wissenschaftliches Interesse. Stefan Meyer bestimmte daher für eine grofse Zahl von Elementen und Verbindungen die Magnetisierungszahl und den Atommagnetismus (*Wied. Ann. 68, 325; 69, 236; 1899*). Mit einer eisenfreien Wage wurde der Zug, den ein mit dem pulverisierten Stoffe gefülltes Gläschen in einem Felde von 10000 C. G. S. erfuhr, durch Gewichte gemessen und mit dem Auftrieb desselben mit Quecksilber gefüllten Gläschens verglichen. Aus den Ergebnissen der Messungen sei hier Folgendes hervorgehoben. Die Verbindung zweier diamagnetischen Elemente ist immer diamagnetisch. Verbindungen zweier paramagnetischen Stoffe sind in der Regel paramagnetisch; bei schwach magnetischen Elementen kann jedoch auch Diamagnetismus entstehen. Aufser der Gruppe *Cr*, *Mn*, *Fe*, *Co*, *Ni*. giebt es noch eine andere Reihe von stark magnetischen Elementen, nämlich *La*, *Ce*, *Pr*, *Nd*, *Yb*, *Sa*, *Gd*, *Er*, in aufsteigender Linie stärker werdend. In analogen Verbindungen sind die letzten Elemente ebenso stark, ja noch stärker magnetisch als die erstgenannten; so ist z. B. *Er* in Er_2O_3 viermal so stark magnetisch als *Fe* in Fe_2O_3.

Der Molekularmagnetismus der paramagnetischen Verbindungen ist kleiner als die Summe der Atommagnetismen der Teile. Die diamagnetischen Substanzen schienen mehr additiv sich zu verhalten. Bei den Halogenverbindungen wächst der Diamagnetismus mit steigendem Atomgewicht des Halogens. Bei gleichem Halogen wächst der Diamagnetismus der Alkalien mit dem Atomgewicht. Sauerstoff ist in den Oxyden diamagnetisch und drückt die Susceptibilität herab. Letztere war bei sämmtlichen Verbindungen unabhängig von der Feldstärke. Die Magnetisierbarkeit der Elemente ist abhängig vom Atomvolumen. Zeichnet man die Kurve, welche das Atomvolumen als Funktion des Atomgewichts darstellt, so findet man die stark magnetischen Elemente in den Minimis und dem diesen vorhergehenden, absteigenden Ast dieser Kurve, während die Stellen grofsen Atomvolumens diamagnetischem Verhalten entsprechen. Mit dieser Abhängigkeit vom Atomvolumen steht im Einklang, dafs der Magnetismus mit sinkender Temperatur (Verkleinerung des Atomvolumens) zunimmt, sowie dafs in Verbindungen, wo das Volumen zunimmt, die Susceptibilität fällt. Die Maxima beider magnetischen Qualitäten sind in den Kurven allerdings etwas nach links verschoben; diese Verschiebung zeigt sich eigentümlicherweise auch in den Kurven, durch die Exner und Haschek die Abhängigkeit der Linienzahl der Funkenspektra vom Atomgewicht darstellten. Maxima und Minima der Linienzahl fallen danach gerade mit denen des Magnetismus zusammen.

Die von Herrn und Frau Curie gefundenen strahlenden Stoffe Polonium und Radium zeigten sich in ihren Verbindungen als paramagnetisch. Sie dürften daher in einem Minimum des Atomvolumens ihren Platz finden, d. h. ein Atomgewicht zwischen 180 und 190 oder von 230 aufwärts haben.

Derselbe Verfasser untersuchte die Frage, ob neben den Molekularkräften, welche bei der Krystallisation sich bethätigen, auch die richtende Kraft eines Magnetfeldes sich bemerkbar machen könne (*Wiener Akad. Ber. CVIII, 573; Naturw. Rdsch. XV, 62; 1900*). Die Frage konnte bejaht werden. So zeigte ein Gemisch von Kobaltsulphat und Zinksulphat im Magnetfelde lange, rote, prismatische Nadeln, die in Richtung der Kraftlinien angeordnet



waren. Dagegen krystallisierte Ferroammonsulphat so im Magnetfelde, dafs die Spitzen der Längsaxen der Krystalle senkrecht zu den Kraftlinien standen. Ohne Feld war eine derartige Richtung nicht wahrzunehmen. Ferner krystallisierten die Tropfen der untersuchten Lösungen im Felde bedeutend rascher als aufserhalb, was auch aus der Gleichrichtung der Teilchen durch den Magneten verständlich wird.

Der Einflufs hoher Temperaturen auf den Magnetismus des Eisens ist lange bekannt; in welcher Weise sehr tiefe Temperaturen bis zu — 185° darauf einwirken, untersuchte G. Claude (*C. R. CXXIX, 409*). Er fand, dafs bei der angewandten maximalen Induktion von ca. 15000 C. G. S. die Permeabilität bei — 185° sich um weniger als 2,5 Procent von der bei + 25° unterscheidet. Die Hysteresis ist gleichfalls sehr merklich constant; die beiden, bei + 25° und bei — 185° gezeichneten Kurven decken sich fast vollständig. Für ein Feld von 10000 C. G. S. schien die Permeabilität bei — 185° um 5 Proc. herabzugehen, doch konnten die Versuche darüber noch nicht beendet werden. Bei starken Induktionen scheinen also die Permeabilität und Hysterisis nahezu constant zu bleiben. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse von Dewar und Fleming, nach denen für schwache Induktionen die Permeabilität und Hysteresis sich mit abnehmender Temperatur sehr beträchtlich verringern.

Die Wirkung der Magnetisirung auf die Elastizität von Stäben untersuchten Stevens und Dorsey (*Phys. Rev. IX, 116; 1899; Phys. Ztschr. I, 234; 1900*). In der Mitte des Stabes, der auf zwei verschiebbaren Stahlschneiden lag, wurde an einem Haken die eine Biegung verursachende Last gehängt; ein durch zwei Drahtspulen fliefsender Strom bewirkte die Magnetisierung. An der obern Fläche des Stabes befand sich einer der Spiegel eines Michelson'schen Interferometers; eine Bewegung des Stabes nach unten bewirkte eine Verschiebung der mit diesem erzeugten Interferenzstreifen. Aus den Messungen ergab sich, dafs der Elastizitätsmodul von Schmiedeeisen und Stahl mit der Magnetisierung zunimmt.

Dafs eine Flamme im magnetischen Felde eine elektromotorische Kraft erzeugt, teilt R. Blondlot mit (*C. R. CXXVIII, 1497; 1899*). Bringt man in eine fächerförmige Gasflamme an zwei symmetrische Punkte der Seitenränder die Pole eines Capillarelektrometors, so bleibt dieses, bis auf eine schwache oscillierende Bewegung des Quecksilbers, auf Null stehen. Bringt man die Flamme in ein magnetisches Feld, das von zwei 3 cm von einander entfernten parallelen Polplatten erzeugt wird, und zwar so, dafs die Kraftlinien zur Ebene der Flamme senkrecht stehen, so wird das Elektrometer in einem bestimmten Sinne abgelenkt; kehrt man den Strom um, so findet die Ablenkung im entgegengesetzten Sinne statt. Zwischen den Seitenrändern der Flamme entsteht also eine elektromotorische Kraft, deren Richtung durch folgende Regel gegeben wird: Liegt eine Person horizontal in der Länge der Flamme auf der rechten Seite und betrachtet den Südpol des Magneten, so ist die elektromotorische Kraft von den Füfsen zum Kopfe gerichtet.

Die Erscheinung erklärt sich in folgender Weise. Da die warmen Flammengase sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit senkrecht zu den Kraftlinien nach oben bewegen, so werden in ihnen Induktionsströme erzeugt, die sowohl senkrecht zur Kraft des Feldes als zur Translationsrichtung stehen; die elektromotorische Kraft folgt daher der Breite der Flamme, und ihre durch die bekannte Regel gegebene Richtung entspricht genau der Beobachtung.

Das von einer Geisslerschen Röhre ausgesandte rote Licht wird, wie Dongier nachweist, im magnetischen Felde polarisiert (*C. R. CXXX, 244* und *650; 1900*). Am besten zeigten das mit Wasserstoff gefüllte Röhren, die man durch ein rotes Glas mit dem Savartschen Polariskop betrachtete. Das Magnetfeld steht normal zur Richtung der Axe der Röhre. Das Licht ist teilweise polarisiert; die gröfste Menge polarisierten Lichtes beobachtet man in einer Richtung *A*, die normal ist zu den Kraftlinien und so liegt, dafs der die Röhre ansehende Beobachter den Vektor, der die Feldrichtung angiebt, durch eine Drehung um 90° entgegengesetzt dem Uhrzeiger mit der Entladungsrichtung der Röhre zur Coïncidenz bringen kann. In dieser Richtung erscheinen die Savartschen Interferenzstreifen am deutlichsten, während sie in der entgegengesetzten Richtung verschwinden. Das



Verhältnis des polarisierten Lichts ändert sich in continuierlicher Weise mit dem Winkel α, den die Richtung A mit irgend einer andern Beobachtungsrichtung bildet. Findet die Beobachtung in der Richtung des Feldes statt ($\alpha = 90^0$), so ist die Menge des polarisierten Lichtes unabhängig von den Richtungen der Entladung und des Feldes. Die Deutlichkeit der Streifen nimmt zu mit der Feldstärke. In der Richtung A und bei der günstigsten Stellung des Polariskops (Streifen parallel oder senkrecht zum Felde) wurde erst bei Feldern unter 650 C. G. S. ein Verschwinden der Streifen beobachtet. Röhren, die mit andern Gasen gefüllt waren, zeigten die Streifen auch, doch weniger deutlich als die mit Wasserstoff gefüllten.

Schk.

Analyse von Funkenentladungen. Jul. H. West hat die Funkenentladungen eines 35 cm Induktors, um die Erscheinung in ihre einzelnen Teile zu zerlegen, mit einem Mutographen der „Deutschen Mutoskop- und Biograph-Gesellschaft" aufgenommen. (*E. T. Z. 20. 747; 1899*).

Die von einem Elektromotor bewegte Achse des Mutographen macht 28 bis 40 Umdrehungen in der Sekunde. Auf der Achse sitzt eine Blende, die aus zwei halbkreisförmigen Aluminiumscheiben a und b besteht (Fig. 1), die so gegeneinander verstellbar sind, dafs man die Blendenöffnung innerhalb der Grenzen 0° und 180° ändern kann. Vor der Blende sitzt das Objektiv O, und hinter der Blende bewegt sich der 68 mm breite Filmstreifen von oben nach unten an dem Objektiv vorbei. Bei den gewöhnlichen Aufnahmen bewegt sich der Film stofsweise, er steht still, so lange die Blendenöffnung am Objektiv vorbeigeht, und verschiebt sich während der übrigen Zeit einer Achsenumdrehung um eine Bildbreite. Die bei dieser stofsweisen Filmbewegung gemachten Aufnahmen von Funkenentladungen sind ohne besonderen Wert. Einige Aufschlüsse geben hingegen die Aufnahmen Wests, bei denen sich der Filmstreifen mit den unveränderlichen Geschwindigkeiten von 2 m und 6,7 m in der Sekunde und mit einer von 0,7 m bis 3,1 m in der Sekunde zunehmenden Geschwindigkeit bewegte. Es berührt sich dieses Verfahren im wesentlichen mit dem von Walter benutzten (*diese Zeitschrift XII, 290; 1899*). Jede Unterbrechung des primären Stromes giebt im allgemeinen einen einfachen unverzweigten Funken von sehr kurzer Dauer und jeder neue Funke folgt im allgemeinen ziemlich genau dem Wege seines Vorgängers. Ab und zu bricht sich ein Funke einen neuen Weg. Die stark erwärmte und daher stark verdünnte Luft der einmal durchschlagenen Strecke bietet einen geringeren Widerstand als die kalte Luft, so dafs die Funken fast immer den einmal gebahnten Weg wieder einschlagen. Da die erwärmte Luft nach oben steigt, sind im allgemeinen die Funken nach oben durchgebogen. Aus seinen Aufnahmen leitet West $\frac{1}{167500}$ bis $\frac{1}{134000}$ Sek. als obere Grenze für die Dauer der Entladungsfunken her, die Breite der Funken in der Luft berechnet er auf 0,2 bis 2 mm. Doch sind die Funken nicht immer in ihrer ganzen Länge gleich stark und gleich breit, vielfach sind sie in oder nahe der Mitte am leuchtendsten und breitesten, zuweilen wechseln hellere und dunklere Stellen mit einander ab und namentlich kommt es öfter vor, dafs kleine hellere Knotenpunkte im Funkenbild auftreten, gleich als wenn der Funke Staub oder Metallteilchen, die frei in der Luft schwebten, zum Glühen oder Verdampfen gebracht hätte. Oft treten für eine Unterbrechung des primären Stromes mehrere Funken auf, die in sehr kurzen Zwischenräumen aufeinanderfolgen, dabei kommen zuweilen Verzweigungen und Verästelungen vor, die sich mitunter wieder vereinigen, manchmal auch blind endigen. Den Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Funken schätzt West auf mindestens $\frac{1}{50000}$ Sek. Die blind in der Luft endigenden Funken dienen den nachfolgenden ganzen Funken als Wegbahner.

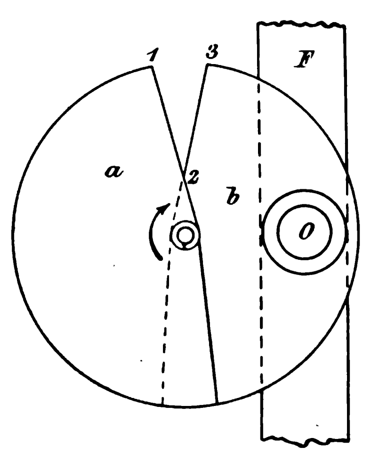


Fig. 1.

Die bei geringerer Schlagweite in dem zusammenhängenden Funkenstrom auftretenden Funken sind von den grofsen Funken recht verschieden, sie sind im allgemeinen zwar breiter aber lichtschwächer und ändern ihre Gestalt erheblich langsamer. Mehrfachfunken, Verzweigungen und Verästelungen kommen hier nie vor. Dagegen reissen die Funken öfters ab und zwar gewöhnlich mehrere hinter einander an derselben Stelle.

West glaubt aus seinen Aufnahmen folgern zu dürfen, dafs die Unterbrechungen des Wehnelt-Unterbrechers, den er benutzte, verschieden schnell erfolgen und ungleich vollkommen sind. Ohne diese Angaben bestreiten zu wollen, sei jedoch darauf hingewiesen, dafs sie aus den Aufnahmen allein nicht rein erkannt werden können, so lange nicht der Einflufs etwaiger unregelmäfsiger Bewegungen des Filmstreifens auf die Aufnahmen genau festgestellt ist. Überhaupt läfst sich gegen die Untersuchung der Gestalt der Entladungsfunken mittels solcher photographischen Aufnahmen der Einwand erheben, dafs man aus der Kenntnis nur einer Projektion eines Raumgebildes, dessen wahre Gestalt nicht sicher herleiten kann. Ob stereoskopische Aufnahmen ausführbar sind, vermag ich nicht zu beurteilen.

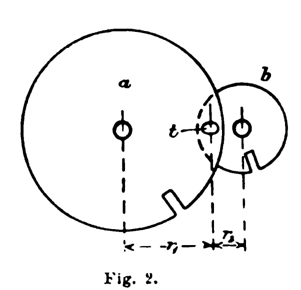


Fig. 2.

West hat ferner eine Vorrichtung (Fig. 2) hergestellt, mit der man einen einzelnen Funken sehen kann. Vor einer länglichrunden Röhre t von 10 mm $\times$ 25 mm lichter Weite, die auf die Funkenstrecke gerichtet wird und das Seitenlicht abblendet, drehen sich zwei teilweise übereinander greifende Blenden a und b, von denen a 25 und b 3 Umdrehungen in der Sekunde macht. Die Entfernung r_1 ist $= 17,5$ cm und $r_2 = 6$ cm. Der Einschnitt der Blende a ist 19 mm und der der Blende b 7 mm breit. Bei 20 cm Funkenlänge konnte West sehr schöne und vollkommen scharf gezeichnete Funken sehen, wenn sein Auge 1,9 m von dem Funkeninduktor entfernt war. *H.-M.*

3. Geschichte.

Die Astronomie der Griechen. Im Programm des K. Realgymnasiums zu Stuttgart (Ostern 1899, Pr. No. 637) hat H. Staigmüller „Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften im klassischen Altertum“ veröffentlicht. Auf Grund genauester Sachkenntnis weist er die abfälligen Urteile zurück, die von C. v. Littrow (Rektorsrede, Wien 1869) und von Du Bois-Reymond (D. Rundschau 1877) über die Naturforschung der Alten ausgesprochen worden sind. Er zeigt u. a., wie haltlos es sei, die Astronomie des Ptolemäus deshalb zu tadeln, weil im Almagest nur 1028 Sterne aufgeführt seien, während Argelander auf seiner Karte 3256 mit freiem Auge sichtbare Sterne verzeichne. Denn Ptolemäus führe nur die Sterne auf, für die zu seiner Zeit die ekliptischen Coordinaten mit hinreichender Genauigkeit bestimmt gewesen seien, und dafs dies schon zu jener Zeit für eine so grofse Zahl von Sternen geschehen ist, mufs vielmehr unsere höchste Bewunderung erregen. Die gröfste Leistung der Griechen bleibt aber die Lösung des astronomischen Grundproblems von der Gestalt und Bewegung der Erde. Der kühne Gedanke, dafs die Erde eine frei im Raum schwebende Kugel sei, ist zuerst von einem Griechen gedacht worden, und nicht etwa auf ägyptische oder chaldäische Quellen zurückzuführen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist Pythagoras selbst es gewesen, der diesen Gedanken fafste; denn vor ihm ist die Lehre von der Kugelgestalt der Erde nicht nachweisbar, während sie schon der zweiten oder dritten Generation der pythagoreischen Schule völlig geläufig ist. Ein zweiter Schritt ist in dem System des Philolaus vollzogen: die Erde ist aus dem Mittelpunkt des Weltalls verstofsen, sie bewegt sich im Laufe eines Tages um das Centralfeuer, und zwar in einem Kreise, der in der Ebene des Himmelsäquators liegt, wobei sie dem Centralfeuer stets dieselbe Seite zuwendet. Der Erde gegenüber beschreibt die Gegenerde ihren Kreis, weiter hinaus liegen die Sphären der sieben Planeten (Mond, Sonne, Venus, Merkur, Mars, Jupiter, Saturn) und die Fixsternsphäre. Auch dies System des Philolaus ist nach den Darlegungen des Verfassers auf



Pythagoras selbst zurückzuführen. Spielten bei der Aufstellung auch spekulative Gründe (die vollkommene Zahl 10) mit, so erklärte das System doch zugleich die scheinbare tägliche Drehung des Fixsternhimmels, und da es die Erdbahn als schief zu den Kreisen der Planeten voraussetzte, auch mit genügender Annäherung die Bewegungen der Planeten. Die ganze Conception aber entsprang nicht einer willkürlichen Phantasie, sondern der Analogie mit der Mondbewegung. Auch der Mond bewegte sich im Kreise um ein Centrum, dem er stets die gleiche Seite zukehrte, und auch auf ihm trat während dieser Bewegung ein Wechsel in der Beleuchtung auf, der unserm Wechsel von Tag und Nacht vollständig entsprach. War also die Kugelgestalt der Erde einmal erkannt, so lag es für Pythagoras nicht allzufern, den Wechsel von Tag und Nacht bei der Erde auf die gleiche Art und Weise zu erklären, die er beim Monde vor seinen Augen sich abspielen sah. Eben dieses System des Philolaus hat bekanntlich nachmals Copernicus dazu veranlafst, die Möglichkeit einer Bewegung der Erde ins Auge zu fassen („Inde igitur occasionem nactus, coepi et ego de terrae mobilitate cogitare“).

Die Stellung Platos zur Lehre von der Bewegung der Erde ist vielfach Gegenstand der Diskussion gewesen. Der Verfasser entscheidet sich dafür, dafs die bei Plato herrschende Doppeldeutigkeit der Ausdrücke eine absichtliche sei, die Plato gewählt habe, um nicht die religiöse Intoleranz der herrschenden Volkspartei herauszufordern. Nimmt man hinzu, was Plato in der Schrift von den Gesetzen ausführt und was Plutarch über Platos astronomische Auffassung mitteilt, so ergiebt sich als unzweifelhaft, dafs Plato zuletzt das philolaische System vertreten hat.

Plato hatte den Mathematikern unter seinen Schülern die Aufgabe gestellt, die scheinbaren Bewegungen der Gestirne auf gleichförmige Kreisbewegungen zurückzuführen. Diese Aufgabe löste Herakleides Pontikos zunächst durch Aufstellung eines Systems, das mit dem von Tycho Brahe im wesentlichen übereinstimmt. Er lehrte die tägliche Rotation der Erde und nahm an, dafs Merkur und Venus sich um die Sonne als Mittelpunkt bewegen, während die Sonne selber die Erde umkreist. Dieses System, fälschlich das ägyptische genannt, war in Rom zur Zeit des Vitruvius allgemein bekannt. Eine unverständliche Stelle des Neuplatonikers Chalkidios findet von diesem Gesichtspunkt aus durch den Verfasser eine völlig befriedigende Deutung. Eben demselben Herakleides mufs aber auch das Verdienst zuerkannt werden, den Grundgedanken des copernikanischen Systems ausgesprochen zu haben. Die neue Ausgabe des Aristoteles-Commentators Simplicius durch die Berliner Akademie hat den unwidersprechlichen Nachweis hierfür ermöglicht (Comm. vol IX p. 292). Dafs Herakleides daneben doch auch das tychonische System gelehrt hat, erklärt der Verf. daraus, dafs es dem „Astronomen“ nur zukam zu untersuchen, auf wie viele Arten es möglich sei, dafs die Erscheinungen zu stande kommen, während es nach griechischer Anschauung Sache des „Physikers“ war zu entscheiden, welche von den möglichen Hypothesen der Wirklichkeit entspreche. Herakleides hat ganz im Sinn der heutigen Physik versucht, die Erscheinungen „vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben“, er darf daher als einer der hervorragendsten Naturforscher, auch im modernen Sinn des Wortes bezeichnet werden.

Ein volles Jahrhundert nach Herakleides begegnen wir in Aristarch von Samos wieder einem Vertreter des copernikanischen Systems; er wird sogar in fast allen Lehrbüchern als der erste bezeichnet, der dieses System aufgestellt hat. Aus der von Archimedes (in der Einleitung zur Sandrechnung) über ihn gemachten Mitteilung geht hervor, dafs er das Fehlen jeder Fixsternparallaxe aus der verschwindenden Kleinheit der Erde gegen die Dimensionen des Fixsternhimmels erklärte und damit den gewichtigsten Einwand gegen sein System zurückwies. Man kann freilich einwenden, dafs Herakleides und Aristarch ihre Theorie nicht bewiesen haben; aber derselbe Einwurf träfe auch Copernikus, der für sein System auch noch nichts anderes als die grosse Einfachheit geltend machen konnte. Man wird daher zugestehen müssen, dafs die Verdienste eines Herakleides und Aristarch an die eines Copernikus heranreichen. Dadurch wird die Gröfse des Copernikus, die in der

„seltenen Verbindung kühnen Forschens und fleifsigen, jahrelangen stillen Arbeitens" liegt nicht geschmälert.

Auffallen mufs es, dafs nach solchen Leistungen von Herakleides und Aristarch grade die gröfsten beobachtenden Astronomen des späteren Griechentums das von jenen geschaffene System verlassen haben. Es ist aber zu beachten, dafs die geocentrische Auffassung eine direkte Anwendung der Formeln der sphärischen Trigonometrie zuliefs und dafs daher die beobachtenden und rechnenden Astronomen die Epicykeltheorie vorzogen, ohne doch darin mehr zu erblicken als die für den beobachtenden Astronomen passendste Hypothese. —

Es verdient Erwähnung, dafs der hervorragende Mailänder Astronom Schiaparelli in seiner Schrift I precursori di Copernico nell' antichità (deutsch von M. Curtze, Leipzig 1876) zu einer gleichen Würdigung der griechischen Astronomie gelangt ist. Man vgl. hierzu auch einen Aufsatz von W. Förster in „Himmel und Erde", 1899 Heft 7, worin über neuerdings veröffentlichte historische Forschungen von Schiaparelli berichtet ist. *P.*

4. Unterricht und Methode.

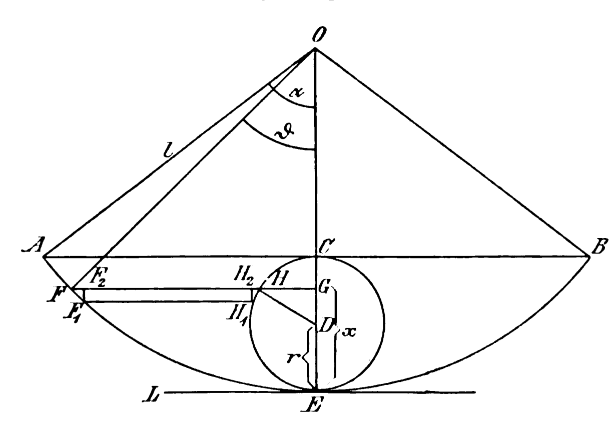
Eine Ableitung der Pendelformel[1]. In der *Naturwissenschaftl. Wochenschrift* (*XI, S. 73, 1896*) hat Schubert eine Ableitung der Pendelformel gegeben, die vor andern Herleitungen den Vorzug hat, dafs man nicht auf unendlich kleine Schwingungen beschränkt ist, sondern ihnen eine beliebige Gröfse geben kann. Für die Zeit t ergiebt sich dann zuerst die Ungleichung:

1) $$\pi\sqrt{\frac{l}{g}} < t < \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}\,.$$

Diese beiden Grenzen $\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ und $\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$ unterscheiden sich um ca. 1%, 2%, 3% bei einer Schwingungsweite $2\alpha = 32^\circ, 46^\circ, 56^\circ$. Ferner ergiebt sich:

2) $$\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1+\frac{1}{4}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right] < t < \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}\,.$$

Bei dieser Ungleichung steigt der Unterschied der beiden Grenzwerte noch nicht auf 2%, wenn $2\alpha = 60^\circ$ gesetzt wird. Im Unterricht wird man meistens mit den beiden ersten Grenzwerten auskommen.



Wenn das Pendel von A nach F fällt (s. Fig.), so erhält es dieselbe Geschwindigkeit v, wie wenn es von C nach G gefallen wäre, es ist also

$$v = \sqrt{2g(2r-x)}.$$

Mit dieser Geschwindigkeit durchläuft es den Bogen FF_1 in der Zeit τ, also ist

$$\tau = \frac{FF_1}{\sqrt{2g(2r-x)}}\,.$$

[1]) *Anm. der Redaktion.* Herr Gymn.-Professor M. Vodnock in Laibach teilt uns mit, dafs er die Formel $T = \pi\sqrt{\frac{l}{g\cos\frac{\alpha}{2}}}$ bereits in seinen Grundzügen der theoretischen Astronomie (Laibach 1890 bei Kleinmayr und Bamberg) aufgestellt und auch ihre Güte nachgewiesen habe.

Aus der Figur ergiebt sich, dafs das Dreieck FF_1F_2 ähnlich dem Dreieck FOG und $FF_1 : F_1F_2 = l : FG = l : \sqrt{x(2l-x)}$ ist. Damit ist

$$\tau = \frac{F_1F_2 \cdot l}{\sqrt{2g(2r-x)}\,\sqrt{x(2l-x)}} = \frac{H_1H_2 \cdot l}{\sqrt{2g(2r-x)}\,\sqrt{x(2l-x)}}.$$

Weil $\triangle H_1H_2H \sim HGD$ und $H_1H_2 : HH_1 = HG : r = \sqrt{x(2r-x)} : r$ ist, so ergiebt sich weiter

$$\tau = \frac{HH_1\sqrt{x(2r-x)} \cdot l}{r\sqrt{2g(2r-x)}\,\sqrt{x(2l-x)}} = \frac{HH_1 \cdot l}{r\sqrt{2g(2l-x)}} = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{HH_1}{2r\sqrt{1-\frac{x}{2l}}}.$$

Da nun $x = l - l\cos\vartheta = 2l\sin^2\frac{\vartheta}{2}$ ist, so hat man endlich

$$\tau = \sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{HH_1}{2r\cos\frac{\vartheta}{2}}.$$

Berechnet man jetzt die Schwingungsdauer $t = \Sigma\tau$, so hat man $\sum\frac{HH_1}{\cos\frac{\vartheta}{2}}$ zu bilden. Hierfür erhält man zwei Grenzen, eine obere, wenn man überall $\vartheta = 0$ setzt und eine untere, wenn überall $\vartheta = \alpha$ ist. Die obere Grenze lautet dann $\Sigma HH_1 = 2r\pi$, die untere $\sum\frac{HH_1}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{2r\pi}{\cos\frac{\alpha}{2}}$ und daraus ergiebt sich endlich

$$\sqrt{\frac{l}{g}}\,\pi < t < \sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{\pi}{\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

Für die zweite Bestimmung der unteren Grenze verfährt Schubert folgendermafsen. In dem Bruch $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{x}{2l}}}$, in dem $\frac{x}{2l}$ ein — meist sehr kleiner — echter Bruch ist, wird der Radikand durch den Summanden $\frac{x^2}{16l^2}$ zu einem Quadrat gemacht. Dadurch erhält man

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{x}{2l}}} > \frac{1}{1-\frac{x}{4l}} = \frac{1+\frac{x}{4l}}{1-\frac{x^2}{16l^2}} > 1 + \frac{x}{4l} \quad \text{und}$$

$$\tau > \sqrt{\frac{l}{g}}\left[\frac{HH_1}{2r} + \frac{HH_1x}{2r\cdot 4l}\right]$$

Nach dem Satz von den statischen Momenten gilt nun bezüglich der Tangente L im Punkte E, $\Sigma HH_1 \cdot x = 2r\pi \cdot r = 2r^2\pi$ und man erhält

$$t > \sqrt{\frac{l}{g}}\left[\pi + \frac{r\pi}{4l}\right] = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1 + \frac{1}{4}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right],$$

da $r = \frac{l - l\cos\alpha}{2} = l\sin^2\frac{\alpha}{2}$ ist.

Damit hat man endlich die Schlufsformel:

$$\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1+\frac{1}{4}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right] < t < \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

A. S.

Anm. Hierbei sei auch auf die Verbesserung der Formel $t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ verwiesen, die Ed. Maiss angegeben hat (cf. diese Zeitschrift *XIII 71* Anm.), und die darauf beruht (Fig. 55 bei Jochmann § 61), dafs statt der Beschleunigung $\frac{g}{l}\cdot s$ der richtige Wert $\frac{g}{l}\cdot s\cos ELA$ berücksichtigt und durch den Mittelwert $\frac{g}{l}s\cos\frac{\alpha}{2}=\frac{g}{l}s\cos MBA$ ersetzt wird. Dann ist

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g\cos\frac{\alpha}{2}}}=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1-\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)^{-\frac{1}{4}}=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1+\frac{1}{4}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right).$$

Die neue Atomgewichtstabelle. In einem gedruckt vorliegenden Vortrage: „Über das Ungeeignete der neuerdings für die Berechnung der Atomgewichte vorgeschlagenen Grundzahl 16,000“ (Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1900) macht Lassar-Cohn in Königsberg energisch Front gegen die neue Atomgewichtstabelle der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Er weist an der Hand der Sitzungsberichte in geschickter Weise nach, wie die ganze schwerwiegende Änderung nur einem Zufall — nämlich der Anfrage des Reichsgesundheitsamtes (vgl. ds. Ztschr. *XII 186*) — und durchaus nicht einem wissenschaftlichen Bedürfnis entsprungen sei. Indem man aber die neuen Vorschläge acceptiert, die Zahl 1 für den Wasserstoff um ein Hundertstel vergröfsert, kommt man zu einer Zahlenreihe für die Atomgewichte, in der die Zahl 1 als solche überhaupt nicht vorkommt. Dadurch verliert diese Zahlenreihe ihren festen Untergrund, man gelangt zu einer „hinkenden Atomgewichtstabelle“. Wie wenig der Vorstand der D. Chem. Gesellschaft in der Anfrage anfänglich etwas gesehen hat, was alle Chemiker angeht, geht übrigens daraus hervor, dafs in der Commission (H. Landolt, W. Ostwald, K. Seubert) kein einziger Organiker vertreten war. — Es werden sodann die auch von uns (*XII 187f.*) kurz wiedergegebenen Gutachten der Commission in extenso mitgeteilt und einer gründlichen Kritik unterzogen. Gegenüber Ostwald, — der sich darauf beruft, dafs schon Berzelius die Zahl 100 für den Sauerstoff gewählt habe — bemerkt der Verf., dafs zwar gegen die Zahl 100 an sich nichts einzuwenden sei, dafs aber Berzelius eben nur die Zahlen 1, 10 und 100 in Betracht gezogen habe, während die jetzt vorgeschlagene Zahl 16 etwas so Gesuchtes habe, dafs ihre Wahl von vornherein gar nicht einzusehen ist. Die Zahl 16 ist doch weiter nichts als ein ungerechtfertigter Compromifs zwischen dem, was die Chemiker im Herzen alle wünschen, und der rauhen Wirklichkeit. Man hat aber die Zahl 100 dennoch wieder verlassen und ist zum Wasserstoff = 1 übergegangen, weil diese Einheit sich viel brauchbarer auf den allerverschiedensten Gebieten der Chemie erweist; denn mit ihrer Annahme kommt man sogleich zu drei Einheiten: der Wasserstoff als leichtester aller Körper ist verwertbar 1. als Einheit der Atomgewichtstabelle, 2. als Einheit der Wertigkeit der Elemente, 3. als Einheit für die spezifischen Gewichte der Gase. Die weitere Betrachtung lehrt schliesslich nur, dafs der endgültige Grund zur Einführung der Zahl 16 nichts anderes ist, als die mangelhafte Leistungsfähigkeit der analytischen Chemie, die das Verhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser nur bis auf 0,001 Einheiten bisher sicher zu bestimmen vermocht hat — übrigens eine Genauigkeit, die gröfser ist als die aller für gewöhnlich ausgeführten Analysen. Da nun K. Seubert erklärte „der von Morley ermittelte Wert $O:H=15{,}879:1$ kann als so genau bestimmt und sicher gelten, dafs eine Abänderung desselben auf Grund neuer zuverlässigerer Versuche für eine Reihe von Jahren nicht vorzunehmen sein wird“, so ist es gewifs nichts Unerhörtes, wenn die gegenwärtig geltenden Atomgewichte später einmal wieder umgerechnet werden,



wie im Jahre 1883 eine Umrechnung auf Sauerstoff = 15,96 stattfand. Die Erklärungen von K. Seubert treten überhaupt nicht ernstlich für $O = 16$ ein (vergl. auch ds. Ztschr. *XII 188*); als Hauptvorzug wird angesehen, dafs die Berechnung der Analysen sich etwas bequemer gestaltet. Lassar-Cohn erachtet es andrerseits als einen Übelstand, wenn man bei der Berechnung der Formeln zu jeder Elementaranalyse mit $H = 1.01$ rechnen soll. Was die Bequemlichkeit anlangt, so macht der Verfasser den Vorschlag, die D. Chem. Ges. solle die Kohlmann-Frerichsschen Tabellen auf die Zahlen $H = 1$ und $O = 15,879$ umrechnen und sonst noch erweitern lassen.

Verfasser stimmt nun vollkommen dem Urteil H. Landolts zu, dafs für Unterrichtszwecke nur $H = 1$ die formelle Grundlage bei der Besprechung der Lehre von den Atom- und Molekulargewichten sein könne. Wollte man aber demgemäfs verfahren, so bekämen wir in der Chemie Verhältnisse, wie sie der plötzliche Erlafs der Puttkamerschen Orthographie sr. Zt. herbeigeführt hat. Im ganzen stehen also die Vorteile der neuen Tabelle in keinem Verhältnis zu den Schwierigkeiten, die dem chemischen Unterricht daraus erwachsen, sowie zu dem Faktum, dafs plötzlich die gesamte bisherige Litteratur veraltet erscheint. — Verfasser macht schliefslich den Vorschlag, es sollten sich alle Fachkollegen vereinigen, welche meinen, dafs — nachdem das Verhältnis von H zu O bis auf die dritte Dezimale genau bestimmt ist — der Wasserstoff auch jetzt als Einheit der Atomgewichte mit zwei Stellen hinter dem Komma vollkommen ausreiche; es sollte ferner durch eine neue Commission, in der alle Zweige der Chemie vertreten sind, die Sache von neuem entschieden werden. Da übrigens nach neuerlicher Mitteilung (Ber. D. Chem. Ges. 1900, 8. Jan.) die Angelegenheit thatsächlich noch einmal in einer internationalen Commission zur Beratung kommen wird, so ist zu hoffen, dafs die Frage wirklich im Sinne der Vorschläge des Verfassers entschieden werde. Dafs eine solche Entscheidung durchaus im Interesse des Unterrichts an den höheren Lehranstalten liegt, mag hier noch ausdrücklich hervorgehoben werden. *O.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Telegraphie ohne Draht. Marconi hat eine Reihe neuer Patente angemeldet (*E. T. Z. 21. 10. 1900*). Die wichtigsten Neuerungen für die er Schutz beansprucht, sind folgende: Um den empfindlichen Empfänger gegen störende Einflüfse zu schirmen, die bei einer Aufstellung in der Nähe des Funkengebers eintreten können, schliefst Marconi den Empfänger in ein mit einer kleinen Öffnung versehenes Gehäuse von 0,16 cm starkem Eisenblech ein. Marconi ist der Ansicht, dafs die Wirkung elektrischer Schwingungen auf den unvollkommenen Contakt sehr erheblich mit der E.M.K. der Schwingungen, aber nicht mit deren Menge wächst. Durch Erhöhung der E.M.K. der empfangenen Schwingungen auf Kosten ihrer Menge vergröfsert sich bedeutend die Entfernung, auf die man Zeichen unter sonst gleichen Verhältnissen übermitteln kann. Marconi erreicht dies durch folgende Anordnung (Fig. 1): A ist ein langer mittels Isolatoren in der Luft ausgespannter Leiter; E stellt die Verbindung mit der Erde oder mit einer Capazität dar. B ist die Ortsbatterie und R das Relais, das den Telegraphenapparat in Thätigkeit setzt. p ist die primäre und s die sekundäre Wickelung eines Transformators. Der Condensator C ist dem Empfänger K und der sekundären Wickelung s parallel geschaltet. D_1 und D_2 sind Dämpfungsspulen, die verhindern sollen, dafs die in der Wickelung s erzeugten Schwingungen in die Batterieverbin-

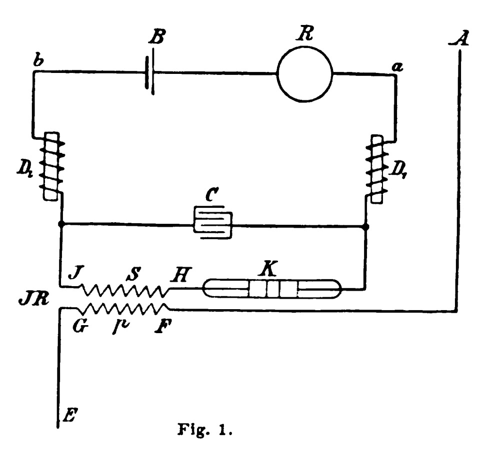


Fig. 1.

dungen bei *a* und *b* übertreten und hierdurch die Wirkung der Schwingungen auf den Empfänger *K* abschwächen.

Die eine Belegung des Condensators besteht aus drei Platten Kupferblatt von 3,75 cm × 2,5 cm Gröfse und die andere aus zwei Platten von gleichen Abmessungen. Der Leiter *A* besteht aus 7 etwa 1 mm starken Kupferdrähten und ist 43 m lang. Die Spitze des Leiters befindet sich etwa in 30 m Höhe über der Erde. In einzelnen Fällen kann man an Stelle dieses Leiters ein Netzwerk aus galvanisiertem Eisen verwenden, das etwa 0,6 m breit und 40 m lang und dessen Spitze etwa 34 m hoch ist. Der Transformator ist nur dann brauchbar, wenn er auf einen Kern von geeignetem Durchmesser gewickelt ist. Die Zahl der Windungen jeder Lage mufs sorgfältig bestimmt werden. Ist die Rolle länger als 2 cm, so müssen, sofern nicht die sekundäre Wickelung in verschiedenen Teilen hergestellt wird, beide Wickelungen in derselben Lage liegen. Ist hingegen die Rolle kürzer als 1 cm, so ist es vorteilhaft, wenn die primäre und die sekundäre Wickelung verschiedene Lagen haben und die Zahl der Windungen mit der wachsenden Entfernung von der primären Wickelung abnimmt. In Fig. 2 ist die Bauart des Transformators, der die besten Ergebnisse liefert, schematisch dargestellt. Die primäre Wickelung *p* ist durch starke und die sekundäre durch schwache Linien kenntlich gemacht; in Wirklichkeit haben die Drähte beider Wickelungen gewöhnlich gleichen Durchmesser. Der Deutlichkeit halber sind die einzelnen Wickelungen nicht als gerade Linien oder als kleine Kreise, wie sie thatsächlich bei einem Längs- oder Querschnitt erscheinen würden, sondern als eine fortlaufende Linie gezeichnet. Jede wagrechte Linie stellt eine Drahtlage dar, während die Länge der Linien die Zahl der Windungen der einzelnen Lagen erkennen läfst; die Stellung der die sekundäre Wickelung bezeichnenden Linien giebt die Reihenfolge der Entfernungen der Lagen von der primären Wickelung an. Die Bezeichnungen *F*, *G*, *H* und *J* entsprechen den gleichen Buchstaben in Fig. 1. *L* ist eine Glasröhre, die den Kern des Transformators bildet. Die Drähte sind durch Seidenüberzug isoliert. Der in Fig. 2 dargestellte Transformator hat einen Glaskern von 0,935 cm Durchmesser. Der Draht beider Wickelungen ist 0,001 cm stark. Die primäre Wickelung besteht aus 2 parallel geschalteten Lagen von je 160 Windungen. Die sekundäre Wickelung ist in 3 Teilen hergestellt; ein Teil hat 10 Lagen mit 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 12 und 5 Windungen, der zweite Teil 12 Lagen mit 150, 40, 39, 37, 35, 33, 29, 25, 21, 15, 10 und 5 Windungen, der dritte Teil 10 Lagen mit 45, 40, 35, 30, 25, 20, 17, 15 und 14 Windungen. Bei einer anderen Gruppe von Transformatoren besteht die primäre Wickelung aus einer Lage von 3 oder 2 parallel geschalteten Drähten und die sekundäre Wickelung ebenfalls aus einer einzigen Lage. Die Einführung der Transformatoren verbessert die Zeichengebung und macht die Störungen durch die atmosphärische Elektrizität in hohem Mafse unwirksam. Wird der Condensator weggelassen, so sind die erzielten Ergebnisse weit weniger zufriedenstellend.

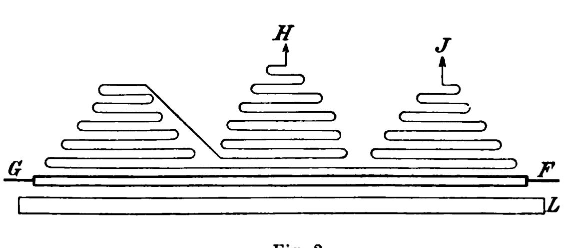


Fig. 2.

Der in dieser Zeitschrift *12, 305; 1898* erwähnte Vortrag von Sidney Evershed über Telegraphie mittels elektromagnetischer Induktion ist inzwischen in der *E. T. Z. 20. 403 u. 420; 1899* vollständig veröffentlicht worden. Das *a. a. O. 459. 1899* beschriebene verbesserte Photophon von Prof. Bell besitzt bis jetzt keinen praktischen Wert, denn die bisher damit überwundenen Entfernungen übersteigen kaum die Rufweite der menschlichen Stimme.

H.-M.

Wehneltscher Unterbrecher. In *Wied. Ann. 68, 233; 1899* hat A. Wehnelt eine eingehende Untersuchung über seinen Unterbrecher (vgl. d. Zeitschr. *XII, 173* u. *243; 1899*) veröffentlicht, die zu folgenden Ergebnissen führt: Die Selbstinduktion ist das Bedingende der

Unterbrechungserscheinungen. Zur Erhöhung der Stromstärke kann man, statt die Drahtoberfläche zu vergröfsern, auch mehrere aktive positive Elektroden neben einander in die Flüssigkeit setzen und beliebig viele davon parallel schalten. (Vgl. *Nature 59, 438; 1899.*) Die Unterbrechungszahlen, die WEHNELT nach dem stroboskopischen Verfahren bis zu 2200 in der Sekunde bestimmt hat, wachsen mit der Verminderung der Selbstinduktion und mit der Erhöhung der Spannung. Bei der Benutzung von Wechselstrom empfiehlt es sich, die inaktive negative Elektrode nach L. Grätz *(Wied. Ann. 62, 323; 1897)* aus Aluminium herzustellen und aufserdem, je nach der Höhe der angewandten Spannung, einige Grätzsche Zellen vorzuschalten. Von allen untersuchten Elektrolyten (Pottasche-, Soda-, Kali-, Natronlösungen und verdünnter Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure) erwies sich die verdünnte Schwefelsäure von 20 bis 25° Bé. (Dichte 1,16 bis 1,2) am vorteilhaftesten. Von allen als aktive Elektrode benutzten Metallen: Kupfer, Messing, Blei, Aluminium und Platin war einzig das letztere brauchbar. Bei einer Temperaturerhöhung des Elektrolyten bis auf 70° C. war kein wesentlicher Einflufs auf die Funkenlänge bemerkbar. Von dieser Temperatur ab wurde die Funkenlänge stetig geringer, und beim Siedepunkt (105° C.) hörte die Unterbrecherthätigkeit auf. Es empfiehlt sich daher, bei Dauerbetrieb eine Kühlvorrichtung anzuwenden. (E. RUHMER hat die negative Bleielektrode als Kühlschlange ausgebildet, *E. T. Z. 20. 786.*) Die elektrische Energie, die in dem Unterbrecher in Wärme umgesetzt wird, ist keineswegs gering, der Energieverlust beträgt 30 bis 80 %. Die Unterbrechungszahl steigt mit abnehmendem und sinkt mit zunehmendem Drucke. Die effektiv gemessene Stromstärke steigt mit dem Drucke. Den Vorgang an der aktiven Elektrode hat WEHNELT stroboskopisch beobachtet. An der aktiven Elektrode bildet sich eine verhältnismäfsig langsam wachsende Gashülle, in der man lebhafte wirbelnde Bewegungen wahrnimmt. Die Gashülle wächst bis zu einer gewissen Gröfse, um dann plötzlich explosionsartig auseinandergeschleudert zu werden. Die Bildung der Gashülle entspricht dem langsamen Ansteigen der Stromstärke, das durch die verzögernde Wirkung der Selbstinduktion bewirkt wird; die Explosion der Gashülle unterbricht den Strom für einen Augenblick völlig. Sofort nach der Zerstörung der Gashülle berührt die Flüssigkeit die Elektrode wieder und das Spiel beginnt von neuem. Die Gasschicht an der aktiven Elektrode hat WEHNELT spektroskopisch und analytisch untersucht. Die anomale Elektrolyse in der Wehneltschen Zelle haben später A. VOLLER und B. WALTER *(Wied Ann. 68, 526; 1899)* noch eingehender erforscht; sie haben dabei gefunden, dafs der neue Unterbrecher ein vorzügliches Mittel ist, um auf einfachem Wege intensive und reine Metallspektra zu erzeugen. Die Stromkurven des Unterbrechers hat WEHNELT in der bekannten Weise mit einer Braunschen Röhre und einem rotierenden Spiegel untersucht. Der Strom steigt verhältnismäfsig langsam von Null bis zu einem höchsten Wert und fällt dann steil wieder auf Null, um ohne eine Pause sofort wieder anzusteigen. WEHNELT bestimmt im Anschlufs daran den Einflufs unterteilter Eisenkerne in den Spulen, die Einwirkung der sekundären Spulen auf die Kurvenformen bei verschiedener Belastung und den Einflufs von Kapazität allein und von Selbstinduktion und Kapazität an den Klemmen des Unterbrechers. (Vgl. VOLLER und WALTER *a. a. O. 548.*) WEHNELT ermittelt ferner den Zusammenhang zwischen dem Vorgang an der aktiven Elektrode und der Kurvenform und zeigt, dafs die explosionsartige Leuchterscheinung an der aktiven Elektrode mit dem scharfen Abreifsen des Stromes zusammenfällt. Schliefslich bestimmt er noch den Einflufs des Druckes auf die Kurvenform. WEHNELT läfst die von Spies und ihm früher (vgl. *d. Zeitschr. XII, 175*) aufgestellte Erklärung der Unterbrecherwirkung fallen und macht sich auf Grund der Ergebnisse seiner neuen Versuche folgendes Bild der Vorgänge: Die Stromstärke steigt infolge der Gegenkraft der Selbstinduktion nur verhältnismäfsig langsam an. Es wird daher anfangs nur Sauerstoff durch Elektrolyse abgeschieden. Von einer gewissen Stromstärke an entsteht durch die starke Wärme auch noch Dampf des Elektrolyten. Das Gemisch beider Stoffe bildet einen leitenden Mantel um die aktive Elektrode. Die starke Wärmeentwicklung zersetzt nun einen Teil des Elektrolyten in Wasserstoff und Sauerstoff. Die Entfernung zwischen Elektrode und Elektrolyt wird schliefslich so grofs, dafs der Strom unter Bildung einer dem



Öffnungsfunken entsprechenden starken Lichterscheinung plötzlich abreifst. Die Gasblasen steigen in die Höhe, die Flüssigkeit berührt wieder den nicht stark erhitzten Platindraht und der Vorgang beginnt von neuem. Eine allzu starke Verminderung der Selbstinduktion bewirkt, dafs der ja immerhin heifs werdende Platindraht keine Zeit mehr hat, sich abzukühlen; die Flüssigkeit trifft dann beim Zusammenfallen den heifsen Draht und es entsteht dann die von Richarz als Leidenfrostsches Phänomen bezeichnete Erscheinung. Der Stromübergang von der aktiven Elektrode zum Elektrolyten ist nicht als Lichtbogen im gewöhnlichen Sinne des Wortes aufzufassen, die Entladung hat vielmehr wohl den Charakter der Entladungen in Geifslerschen Röhren. Die gröfste Energie, also auch die gröfste Wärmeentwicklung tritt an der Kathode, hier also am Elektrolyten, auf, während der Platindraht verhältnismäfsig kühl bleibt und so stets wieder das Wiedereinsetzen der Erscheinung veranlafst. Wehnelt hebt auch den Unterschied zwischen seinem Unterbrecher und dem Spottiswoodes hervor. (*Proc. Roy. Soc. 25, 547; 1877. Wied. Beibl. 1, 295; 1877. Nature 59, 510; 1899.*)

Bei seinen Versuchen mit regulierbaren Elektroden wurde Wehnelt auf eine neue Unterbrecherform geführt. Bei einem Versuch gebrauchte er die in Fig. 1 gezeichnete Anordnung. In ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäfs A, auf dessen Boden eine Bleiplatte B mit Zuleitung als negative Elektrode lag, tauchte von oben ein Glasrohr C, das mit seinem eng ausgezogenen unteren Ende in die Schwefelsäure hineinragte. Innerhalb dieses Rohres befand sich ein Kupferdraht D mit dem angelöteten Platindraht E als aktiver Elektrode. Es ergab sich nun im Verlaufe des Versuches die Thatsache, dafs der den Apparat durchfliefsende Strom auch noch scharf unterbrochen wurde, wenn der Platindraht E sich ganz innerhalb des Rohres C befand. Die Leuchterscheinung trat hingegen nicht mehr am Platindraht, sondern an der Mündung O des Rohres C auf. Der dünne Flüssigkeitsfaden in der Mündung O wird durch den Strom erhitzt und in Dampf verwandelt. Dieser leitet den Strom unter Zersetzung des Elektrolytes in Knallgas und führt schliefslich zum Abreifsen des Stromes. Da diese Form dem Strome einen sehr grofsen Widerstand entgegensetzte, ersann Wehnelt die etwas günstigere Form, die in Fig. 2 abgebildet ist. In einem Gefäfs A mit verdünnter Schwefelsäure befindet sich ein Reagensglas B mit einer kleinen, seitwärts aufgeblasenen Öffnung O. Eine Elektrode C aus Bleidraht tauchte in das Reagensglas B, eine gleiche zweite D in das Gefäfs A. Ein mit diesem Unterbrecher betriebenes Induktorium von 30 cm Funkenlänge gab recht gute Wirkungen. Die Vorteile dieser Unterbrecherform sind: Auf die Polarität der Elektroden braucht im allgemeinen nicht geachtet zu werden. Es ist gleichgültig, welche der Elektroden positiv oder negativ ist. Der Strom wird auch unterbrochen, wenn keine Selbstinduktion im Stromkreis ist. Die Nachteile sind: Die Unterbrechungen erfolgen viel langsamer. Der Unterbrecher besitzt einen sehr hohen Eigenwiderstand. Die Glaswände der Mündung O werden bald zerstört. Die Ausführungen Wehnelts über den Bau und die Anwendungen seines älteren Unterbrechers sind in der Originalarbeit nachzulesen.

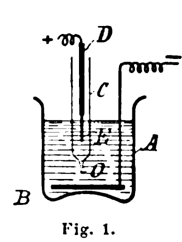


Fig. 1.

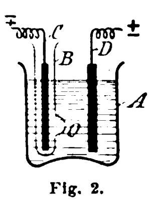


Fig. 2.

Eine Reihe glänzender Versuche mit dem Wehneltschen Unterbrecher beschreibt E. Lecher in *Wied. Ann. 68, 623; 1899.*

In *Wied. Ann. 68, 271; 1899* entwickelt H. Th. Simon eine Theorie des Wehneltschen Unterbrechers, die dessen Wirkungsweise durch eine Lokalisation der Stromwärme erklärt, die eintritt, wenn man in einer elektrischen Zelle eine kleine Elektrode einer grofsen gegenüberstellt. In diesem Falle ist der im übrigen grofse Querschnitt der leitenden Flüssigkeitssäule an der Oberfläche der kleineren Elektrode schroff auf einen verhältnismäfsig kleinen Betrag verengt, so dafs die Stromdichte und damit die Entwicklung der Stromwärme dort einen scharf ausgeprägten gröfsten Wert besitzt. Im Verfolge des Grundgedankens dieser Theorie, die von Richarz und Ziegler (*Wied. Ann. 69, 719; 1899*) herrührt, wurde Simon, unabhängig

von Wehnelt und E. W. Caldwell (*Elektr. Rev. New-York, 1899, S. 277; d. Zeitschr. XII 244*) auf den neuen Unterbrecher geführt, dem er folgende beiden Hauptanordnungen gegeben hat (*E. T. Z. 20, 440; 1899. Wied. Ann. 68, 860*): 1. Ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Standgefäfs aus Blei bildet die eine Elektrode. Hinein ragt ein weites, von einem Hartgummideckel getragenes Reagensglas, dessen Boden eine oder mehrere etwa 1 mm weite Durchbohrungen hat. In diesem Reagensglas steht als andere Elektrode ein Bleiblechcylinder. Der Strom mufs seinen Weg von der einen zur anderen Elektrode durch die Durchbohrungen der Glaswand nehmen und bewirkt dort die Unterbrechungen, da bei anwachsendem Strom dort eine Verdampfung eintritt, die den Strom unterbricht. 2. Ein rechteckiger Glastrog wird von oben bis unten in zwei Hälften durchschnitten, deren Ränder eben geschliffen und aufeinandergepafst werden. Zwischen beide Hälften wird mittels Gummidichtung eine dünne Glaswand eingeklemmt, die einige etwa 1 mm weite Durchbohrungen erhält. In jede Abteilung taucht eine gröfsere Bleiplatte als Elektrode ein. Nach Füllung mit verdünnter Schwefelsäure tritt bei Stromschlufs in den Durchbohrungen der Unterbrechungsvorgang ein.

Nach Simons Theorie handelt es sich bei dem älteren „elektrolytischen" Unterbrecher nicht um eine elektrolytische, sondern um eine Wärmewirkung des Stroms, bei dem nicht die Selbstinduktion, sondern die „Zeitkonstante" des Schliefsungskreises, das Verhältnis der Selbstinduktion zum Widerstand die für die Unterbrechungszahl mafsgebende Konstante ist.

In der *Nature 60, 226; 1899* beschreibt A. A. Campbell Swinton einen „verbesserten" Flüssigkeitsunterbrecher, den er in Verbindung mit J. C. M. Stanton und H. Tyson Wolff, abgesehen von einigen technischen selbstverständlichen Ausgestaltungen, nacherfunden hat. Zwei Elektroden aus Bleiblech, *C* und *D*, Fig. 3, tauchen in ein Glasgefäfs *A* mit verdünnter Schwefelsäure. Ein hohler Glas- oder Porzellancylinder *B*, dessen Boden eine 3 bis 4 mm weite runde Öffnung *E* hat, umgiebt die Elektrode *C*. Durch dieses Loch geht die Spitze des kegelförmigen Glas- oder Porzellanschiebers *F*, der mittels der Schraubenführung *H* und des Drehkopfs *G* gehoben und gesenkt werden kann, um der Öffnung *E* die gerade zweckmäfsige Weite zu geben. Wenn der Unterbrecher arbeitet, steigt, wie Wehnelt, der eigentliche Erfinder auch dieser Vorrichtung, bereits hervorgehoben hat, die Flüssigkeit in dem Cylinder *B*, an dem deshalb der Ausflufs *J* angebracht ist.

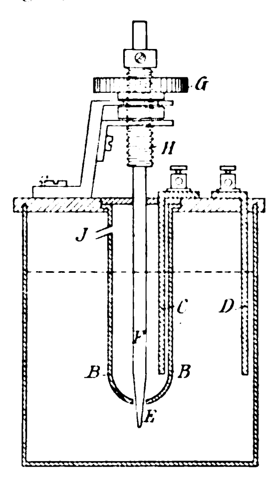


Fig. 3.

In der *E.T.Z. 20, 456; 1899* veröffentlicht E. Ruhmer die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Abhängigkeit der Unterbrechungszahl und mittleren Stromstärke, die er mittels der Tangentenbussole bestimmt, von der Temperatur und dem Drucke. Er kommt zu der Überzeugung, dafs der ältere Wehneltsche Unterbrecher hauptsächlich auf der durch die Hitze der Platinanode gebildeten Wasserdampfblase, ihrem dem Leydenfrostschen Phänomen ähnlichen Gleichgewichtszustande, dessen Störung durch den Extrastrom und der dann eintretenden Verdichtung des Dampfes beruht. Die in der *E. T. Z. 20, 786*, veröffentlichten Messungen Ruhmer's bestätigen das von Simon aufgestellte Wirkungsgesetz.

C. Heinke weist in der *E.T.Z. 20, 510 u. 527; 1899* und *Phys. Zeitschr. 1, 8; 1899*, darauf hin, dafs durch den Wehneltschen Unterbrecher Vorgänge ausgelöst werden, die eine Vereinigung von Gleichstrom und Wechselstrom darstellen. Diese Verbindung eines Gleichstroms mit dem aufgelagerten Wechselstrom nennt er „Wellenstrom" und unterzieht sie einer eingehenden Untersuchung. Daran knüpt er *Wied. Ann. 69, 612; 1899* eine Erörterung über die Messung elektrischer Gröfsen bei periodischen Strömen, die zu folgenden Ergebnissen führt: Bei elektrischen Vorgängen von Wellenstromart läfst sich Spannung und Stromstärke durch gleichzeitige Messung mit galvanometrisch und mit effektiv anzeigenden Messinstru-

mente in je zwei Teile zerlegen: ein unveränderliches Glied und ein aufgelagertes Wechselglied, wobei das letztere in energetischer (effektiver) Hinsicht durch eine gleichwertige, symmetrische Sinuswelle ersetzt werden darf. Die Messung der wirklichen Wellenstromleistung darf ähnlich wie beim Wechselstrom nicht durch eine getrennte Strom- und Spannungsmessung erfolgen, sondern bedarf einer besonderen Mefsvorrichtung, am besten eines zuverlässigen Wattmeters, oder mufs, wo dies nicht ausführbar, mittelbar aus der Energiemenge, die während längerer Zeit umgesetzt wird, bestimmt werden, indem man die gesamte elektrische Energie in Wärme verwandelt und diese kalorimetrisch mifst. *H.-M.*

Der Majert-Akkumulator. Der von Dr. W. Majert zu Grünau bei Berlin erfundene Akkumulator wird von dem Akkumulatorenwerk Oberspree A.-G. zu Oberschöneweide bei Berlin hergestellt und in dem Betrieb der Grofsen Berliner Strafsenbahn benutzt. Eine eingehende Beschreibung hat Arthur Wilke in der *E.T.Z. 20, 783; 1899* veröffentlicht. Die negative Platte, die eine Faure-Form hat, ist eine gestrichene Gitterplatte. Der Bleischwammträger wird in zwei Formen hergestellt, von denen man die eine bei festen und die andere bei beweglichen Batterieen benutzt. Bei der ersten Form teilen senkrechte Stäbe den Hohlraum des Bleirahmens in mehrere Felder. Diese Stäbe verbinden schräggestellte von Feld zu Feld unter einem Winkel gegeneinander gesetzte flache Querstäbe, die sich, etwa wie die Stäbe einer Holzjalousie, von der einen zur anderen Plattenseite neigen. Die andere Form besteht aus sich kreuzenden lotrechten und wagerechten Stäben. Die einzelnen Maschen verengern sich bei den Endplatten etwas von der einen zur anderen Plattenseite und bei den Mittelplatten von den Aufsenseiten nach der Mitte zu. Nach dem Einstreichen der Paste werden die Ränder der wagerechten Stäbe durch Walzen der Platte nach oben umgebogen. Hierdurch wird eine so feste Lagerung des Bleischwammes erzielt, dafs man die formierte Platte wie ein Kautschukstück biegen kann, ohne dafs die Füllung herausfällt oder rissig wird. Die Paste wird in bekannter Weise aus chemisch reiner mit Schwefelsäure angerührter Bleiglätte unter Zufügung eines lockernden Zusatzes hergestellt und mit dem Spachtel eingestrichen.

Eigenartig ist bei dem Majert-Akkumulator der Bau und die Herstellung der positiven Platte. Sie gehört der Planté-Form an, wird aus Walzblei hergestellt und ohne vorhergehende Oxydbedeckung zur Superoxydplatte formiert. Majert entschied sich für das reine Planté-Muster, da er eine möglichst haltbare Elektrode von grofser Kapazität und kleiner Lade- und Entladungszeit schaffen wollte. Um bei einer möglichst kleinen Grundfläche eine möglichs grofse Oberfläche zu erzielen, wählte er die Rillenform. Er gab z. B. einer Platte von mitterer Entladungsdauer Rillen von 0,6 mm Breite und 5,5 mm Tiefe bei 0,4 mm Stärke der Zwischenrippe. Die Platte erscheint daher mit dünnen und hohen Blättchen dicht besetzt und läfst sich treffend mit der Unterseite eines Champignonkopfes vergleichen. Eine so feingeblätterte Platte läfst sich weder giefsen noch pressen. Majert ersann daher ein neues Herstellungsverfahren, bei dem er eine selbstthätige Hobelmaschine mit bewegtem Schneidstahl benutzt. Er macht dabei mit dem schrägliegenden Stahl einen Schnitt so in die Walzbleiplatte, dafs ein geneigt liegender Span abgeschält wird, der mit seinem Fufs noch mit der Platte zusammenhängt. Der Schneidstahl ist nach rückwärts so gekrümmt, dafs er den abgeschälten Span beim Durchstreichen des Schnittes senkrecht aufbiegt. Der nächste Schnitt setzt ein Stück weiterhin ein und so kommen der zweite Span und die weiteren dicht nebeneinander zu stehen. Die Platte wird auf beiden Seiten mit den gleichen lotrecht verlaufenden Blättchen versehen.

Die positiven und negativen Elektroden werden gesondert und mit nackten Gegenelektroden in dem gewöhnlichen Elektrolyten der Akkumulatoren formiert. Nach der Behandlung ist die positive Elektrode mit einer dichten krystallinischen Superoxydschicht von der Stärke eines feinen Briefpapiers bedeckt. *H.-M.*



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Kanon der Physik. Die Begriffe, Prinzipien, Sätze, Formeln der Physik: systematisch dargestellt von Dr. Felix Auerbach. Leipzig, Veit & Comp., 1899. VIII u. 522 S. M. 11.

Das vorliegende Buch beabsichtigt, nur Resultate, ohne Ableitungen und Begründungen, zu geben, und zwar in zweifacher Hinsicht: erstens sollen überhaupt die Begriffe, die Prinzipien, die Lehrsätze, die Formeln und die numerischen Ergebnisse der Physik zusammengestellt werden; zweitens soll dies zugleich in einer mehr als bisher sachmäfsigen, systematischen Gliederung geschehen. An sich wäre eine solche Zusammenstellung neben den Lehr- und den Nachschlagebüchern gewifs manchem willkommen; aber die versuchte Systematik ist trotz der Mühe, die der Verf. darauf verwandt hat, mifsglückt. In dem Fortschritt vom ersten bis zum vierten Kapitel, worin der Reihe nach Allgemeines, Raum und Zeit, Bewegung, Kraft und Masse behandelt werden, bemerkt man wohl einen angemessenen Gedankengang; wenn indefs darauf vier Kapitel über die Eigenschaften der Materie, das Potential, die Energie und die Entropie folgen, so kann man zu dieser Einteilung nichts weiter bemerken, als dafs vielfach Dinge, die nahe zusammen gehören, weit aus einander gerissen werden. So kommt z. B. die Verdampfung zuerst im fünften, danach wieder im siebenten und endlich nochmals im achten Kapitel vor. Besonders das Kapitel über die Entropie scheint verurteilt zu sein, aufzunehmen, was anderswohin nicht pafst. Die übliche Gliederung der Lehrbücher befriedigt gewifs niemand: ein Ersatz durch besseres ist jedoch viel schwieriger, als der Verf. glaubt, wenigstens sieht er sein „Einteilungsprinzip“ selbst als gar nicht fraglich, nur dessen strenge Durchführung als vorläufig nicht immer möglich an.

Auch gegen die Einzelheiten ist mancherlei einzuwenden, vor allem gegen die Definitionen. Nur ein paar Beispiele seien angeführt. Ob jemand die Erklärung der Dispersion, S. 37, wenn er nicht schon weifs, was Dispersion ist, verstehen kann, ist mindestens fraglich. Die Kraft wird S. 37 zunächst in der häufig befolgten Weise als Ursache der Bewegung oder der Beschleunigung definiert, verflüchtigt sich dann aber gar in „die Ursache irgend einer Erscheinung“. Von der Arbeit sagt der Verf., sie sei das Produkt aus einer Kraft und ihrer „Leistung“; man sieht sich jedoch vergeblich danach um, worin eine Leistung bestehe, was sich doch müfste beschreiben lassen, wenn jene Definition brauchbar sein sollte. Eben so wenig klar ist die Erörterung über „die Arbeit im weiteren Sinne“, obgleich daran mehr nur die Bezeichnung als die Auffassung den Widerspruch herausfordert Auch nachdem S. 175 eine Erklärung der Energie gegeben ist, wird zwar richtig bemerkt, eine eingehende Festlegung des Begriffes werde erst auf Grund des Energieprinzips möglich: was aber etwa fünfviertel Seiten später herauskommt, ist eine fast wörtliche, jedenfalls nichts Neues enthaltende Wiederholung der ursprünglichen Erklärung. Geradezu falsch genannt mufs es werden, dafs S. 250 Potentialdifferenz in einem Leiter und elektrischer Strom als identisch angesehen sind. Sollte das Buch dem einen oder anderen einmal auch nützen, so ist es doch sicher kein Kanon.

Paul Gerber, Stargard.

Die Unität des absoluten Mafssystems in Bezug auf magnetische und elektrische Gröfsen. Von Franz Kerntler. 46 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1899.

Der Verfasser bezeichnet es als widerspruchsvoll, dafs es zwei verschiedene Mafssysteme geben könne, von denen jedes auf das Epitheton absolut Anspruch mache. Hier liegt augenscheinlich eine zu buchstäbliche Auffassung des Wortes absolut und eine willkürliche Deutung dieses Begriffes zu Grunde. Zur Orientierung über den in der Schrift behandelten und neuerdings mehrfach diskutierten Gegenstand sei auf den in diesem Heft der Zeitschr. veröffentlichten Aufsatz von P. Volkmann verwiesen.

P.

Fragmente aus den Naturwissenschaften. Vorlesungen und Aufsätze von John Tyndall. 2. autorisierte deutsche Ausgabe, nach der 8. Auflage des Originals übersetzt von A. v. Helmholtz und E. du Bois-Reymond. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1899. I. Band. 514 S. M. 8, geb. M. 9,50. II. Band. 522 S. M. 8, geb. M. 9,50.

Eine „neue Folge“ dieser Fragmente ist bereits 1895 in d. Zeitschr. angezeigt worden; das ursprüngliche Werk ist in dieser zweiten Auflage ebenfalls erheblich bereichert. Der erste, hauptsächlich die anorganische Natur betreffende Band enthält von neuen Artikeln einige Reisebilder (vom Niagara und aus Algier), zwei geologische Aufsätze (Strandlinien von Glen Roy und Form der Alpen), ferner Aufsätze über Nebelsignale, über Molekularphysik, über photochemische Reaktionen. Von den älteren Aufsätzen seien besonders der über Strahlung und die biographischen Skizzen über Faraday, Joule und J. R. Mayer hervorgehoben. Der zweite Band behandelt vorwiegend biologische und allgemeine

philosophische Fragen, von denen die über wissenschaftlichen Materialismus, sowie die berühmte Rede von Belfast noch heut das allgemeinste Interesse erregen werden. Unter den neu hinzugekommenen Artikeln befinden sich zwei Aufsätze über Gährung und Urzeugung, sowie einer über elektrisches Licht. Alle Aufsätze, vor allem aber die auf Probleme der allgemeinen Weltanschauung bezüglichen, berühren aufs wohlthuendste durch klare Besonnenheit wie durch eine edle Wärme der Empfindung, und werden sich auch in dieser neuen Ausgabe Freunde gewinnen. *P.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. No. 98. Über das Benzin und die Verbindungen desselben. Von Eilhard Mitscherlich (1894), herausgeg. von J. Wislicenus. 39 S. M. —,70. — No. 99. Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. Von R. Clausius (1850), herausgeg. von Max Planck. Mit 4 Figuren. 55 S. M. —,80. — No. 100. Abhandlungen über Emission und Absorption von G. Kirchhoff. Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildnis von G. Kirchhoff und 5 Figuren. 41 S. M. 1. — No. 101. Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie von G. Kirchhoff, herausgeg. von Max Planck. 48 S. M. —,75. — No. 102. Über physikalische Kraftlinien. Von James Clerk Maxwell, herausgeg. von L. Boltzmann. Mit 12 Figuren. 147 S. M. 2,40. — No. 104. Untersuchungen über die chemischen Affinitäten. Von C. M. Goldberg und P. Waage, übers. u. herausgeg. von R. Abegg. Mit 18 Tafeln. 182 S. M. 3. — No. 109. Über die mathematische Theorie der elektrodynamischen Induktion von Riccardo Felici. Übersetzt von Dr. B. Dessau, herausgeg. von E. Wiedemann. 121 S. M. 1,80.

No. 98 enthält eine Arbeit von E. Mitscherlich, die in mehrfacher Beziehung grundlegend für die Entwicklung der organischen Chemie gewesen ist, namentlich insofern sie zum erstenmal den Nachweis lieferte, dafs organische Säuren sich in Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe zerlegen lassen. — No. 99 ist für die Thermodynamik von klassischer Bedeutung dadurch, dafs in ihr zum erstenmale der erste Hauptsatz der Wärmetheorie mit dem zweiten in logischen Zusammenhang gebracht ist. — No. 100 enthält die berühmten Aufsätze von Kirchhoff über die Fraunhoferschen Linien, über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme, und über das Verhältnis zwischen dem Emissions- und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht (1859—1862). — No. 101 enthält desselben Forschers Abhandlung über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie (1858), durch die er die Thermodynamik der Lösungen begründete; ferner die Bemerkungen über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkt nahe sind (1858), und über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure (1858). — No. 102 enthält die Gesamtheit der Maxwellschen Gleichungen für den Elektromagnetismus, und zwar auf Grund der mechanischen Modelle, durch die Maxwell ursprünglich zu seinen Gleichungen gelangt ist. — Die Abhandlungen in No. 104 gehören dem physikalisch-chemischen Grenzgebiet an und beziehen sich in erster Reihe auf die Mechanik der chemischen Prozesse. — In No. 109 sind 3 Abhandlungen aus den Jahren 1854 und 1855 von Felici vereinigt, in denen die Gesetze der Voltainduktion experimentell aufgestellt sind, nachdem Faraday und andere die quantitativen Gesetze für die Magnetinduktion ermittelt hatten. *P.*

Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. Von M. M. Richter. Zweite Auflage der Tabellen der Kohlenstoffverbindungen, nach deren empirischer Zusammensetzung geordnet. Vollständig in ca. 35 Lieferungen à M. 1,80. Leopold Vofs, Hamburg u. Leipzig, 1899.

Schon lange hat bei der immer mehr wachsenden Litteratur sich das Bedürfnis nach Jahresübersichten (Fortschritten, Jahrbüchern etc.) geltend gemacht. In der Chemie sind Jahresberichte schon früh durch Berzelius geschaffen, und seit dieser Zeit ununterbrochen fortgesetzt, denn grade hier ist bei dem rasch zuwachsenden Einzelmaterial ein Überblick am notwendigsten. Die Gruppierung des Stoffes aber macht grofse Schwierigkeit; die Einteilungen, wie sie in den „Fortschritten", in der grofsen Referierzeitschrift der d. chem. Ges. und im chem. Centralblatt eingehalten sind, sowie auch die Klassifikation wie sie in der Royal Society für den grofsen internationalen naturwissenschaftlichen Katalog vorgeschlagen ist, gehen von bestimmten Gruppen aus, und es findet sich so namentlich für die organische Chemie eine grofse Anzahl gleichwertiger Vorschläge. Zweckmäfsig legte man bisher das für die wissenschaftliche organische Chemie verbreitetste gröfsere Handbuch von Beilstein, das jetzt neu erscheint, zu Grunde. Herr Richter hat in seinem Lexikon eine andere äufserst interessante Gruppierung der organischen chemischen Verbindungen gegeben.

Das Ganze ist ein Formellexikon; vorangeht der Kohlenstoff C_1 C_2, dem zunächst die mit dem Kohlenstoff verbundenen Elemente geordnet nach der Häufigkeit folgen: H, O, N; Cl, Br, I, Fl; S, Se etc.; ihnen schliefsen sich die übrigen Elemente alphabetisch geordnet an, so dafs folgendes Schema entsteht:



CHON . . . P Al As . . . Zr
O
N
:
P
Al
As
:
Zr

Das Lexikon beginnt im ersten Heft mit C_1-Gruppe mit 1 Element, dann folgt C_2-Gruppe mit 2 Elementen, und gelangt in Heft 4 bis zur C_6-Gruppe mit 3 Elementen bis $C_6H_6O_4N_2$.

Das Lexikon bildet zugleich auch ein Generalregister für Beilstein (57000 Verbindungen): bei 8000 Verbindungen sind andere Litteraturquellen vorhanden oder sie werden in die neue Ausgabe von Beilstein aufgenommen; im ganzen sind 67000 Verbindungen berücksichtigt. Die Bruttoformel läfst sich mit dem Namenregister und Titelregister finden.

Der Nomenklatur liegt das Prinzip der Substitution zu Grunde, d. h. es wird die Benennung der Stammsubstanz (nach dem betreffenden Kohlenwasserstoff oder dem betreffenden wasserstoffärmsten Ringsystem, Benzol, Naphtalin etc.) festgehalten. Der chemische Ort ist bei offenen Ketten durch griechische Buchstaben, bei Ringsystemen durch Ziffern bezeichnet, z. B. $C_6H_4 . O . H . COOH$ Salicylsäure; 2-Oxybenzol-, -2-Karbonsäure. Die Ringsysteme sind mit Register und Ringformel angeführt. Die Einleitung ist in 4 Sprachen, Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch gegeben, wie überhaupt das Werk als internationales bezeichnet werden kann.

Das Werk verdient die gröfste Anerkennung, da eine solche Arbeit viel Mühe, Fleifs und Sorgfalt voraussetzt, die jeder, der mit ähnlichen Arbeiten zu thun hat, zu schätzen weifs. Es ist für jeden, der sich wissenschaftlich mit organischer Chemie beschäftigt, geradezu unentbehrlich und wird so hoffentlich die Verbreitung und Unterstützung finden, die ihm zu wünschen ist. *B. Schwalbe.*

Programm-Abhandlungen.

Gleichgewichtslagen und Schwingungen eines Pendelsystems. Von Prof. Ernst Jackwitz. K. Gymnasium in Schrimm, Ostern 1899. Pr. No. 175. 20 S. und eine Figurentafel.

Die Untersuchung bezieht sich auf ein Doppelpendelsystem ähnlicher Art, wie das von Oberbeck in d. Zeitschr. I 256 beschriebene, und wird nach Aufstellung der allgemeinen Gleichungen auf ein symmetrisches System und unendlich kleine Schwingungen beschränkt. Für diesen Fall werden die Spannungen an dem in Bewegung befindlichen Systeme und die Integrale der Bewegungsgleichungen ermittelt. Ein entsprechendes physisches Pendelsystem wird bekanntlich dazu benutzt, die Resonanz und Absorption mechanisch zu veranschaulichen (Holtz, d. Zeitschr. *I 255*). Der Verfasser findet aber, dafs das zweite Pendel durchaus nicht immer die Gleichgewichtslage passieren mufs, bevor es umkehrt, und dafs seine Amplituden zwar gesetzmässigen Schwankungen unterliegen, doch nicht so übersichtlich, dafs dadurch eine Anschauung gegeben werden könnte, wie sich molekulare Schwingungen übertragen. Wenn man bei einem derartigen Pendelsystem es dennoch erreicht, dafs das in Gang gesetzte eine Pendel seine Amplituden continuierlich verkleinert, während die des zweiten wachsen, bis der ganze Vorgang sich umkehrt, so mufs die Ursache hierfür in den Reibungswiderständen an den Aufhängungspunkten bezw. den Verbindungsstellen gesucht werden, deren Einflufs aber sich der mathematischen Rechnung entzieht. *P.*

Untersuchung und Darstellung der Wellenbewegung polarisierten monochromatischen Lichtes in doppelbrechenden Krystallen. Von Th. Vagt. Grofse Stadtschule (Gymnasium und Realschule) zu Wismar, Ostern 1899. Pr. No. 699. 39 S. und eine Tafel.

Die Abhandlung enthält eine Studie zur mathematischen Optik, die Resultate werden auf zwei praktische Fälle angewandt. *P.*

Beiträge zur Reduktion kurzjähriger Temperatur-Beobachtungen auf langjährige Normalmittel. Von Dr. Karl Bamler. Gymnasium zu Barmen, Ostern 1899. Pr. No. 450. 70 S.

In der Abhandlung ist der Versuch gemacht, die seit 1798 in Strafsburg angestellten meteorologischen Beobachtungen in Bezug auf die Temperaturverhältnisse vergleichbar zu machen und daraus ein einheitliches Bild der Temperaturschwankungen Strafsburgs seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts zu gewinnen. *P.*

Die Temperaturverhältnisse in Berlin. Nach 50jährigen Beobachtungen: 1848—1897. Von Prof. Dr. Paul Perlewitz. Sophien-R. G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 102. 23 S.

Die Abhandlung teilt interessante Resultate hinsichtlich der Mittelwerte der Temperatur in den einzelnen Monaten und der gröfsten Abweichungen (positiver wie negativer) von diesen Werten mit. Eine Diskussion der Beobachtungen an drei verschiedenen Stellen der Stadt führt zu einer genaueren Bestimmung der Einwirkung der Grofsstadt, die darin besteht, dafs morgens die Erwärmung, noch mehr aber abends die Abkühlung verzögert wird. Das Gesamtergebnis ist eine Erhöhung des



Tagesmittels, die im November bis Januar nur 0,1° beträgt, im August jedoch bis 0,6° steigt. Den Schlufs bilden Ermittlungen über den jährlichen Gang der Temperatur und die unperiodischen Temperaturschwankungen. *P.*

Über die Bedeutung der Energie in der Naturwissenschaft. Von Prof. Dr. O. Pilling. Kgl. Hennebergisches Gymnasium zu Schleusingen, Ostern 1899. Pr. No. 262.

Es wird eine populäre Darstellung der Lehre von der Energie, zum Teil unter Anlehnung an Nernsts Lehrbuch der theoretischen Chemie, gegeben. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine neue Form des Pascalschen Apparates.

Von Leppin & Masche in Berlin S.O., Engelufer 17.

Die Unbequemlichkeit, bei dem Gebrauche des Pascalschen Apparates die verschiedenen Glasgefäfse unter jedesmaligem Entleeren auswechseln zu müssen und das lästige Umherliegen der Gefäfse aufserhalb des Gebrauches lassen sich durch die beistehend (Fig. 1) abgebildete Modifikation des Apparates vermeiden. Der Apparat besitzt einen einzigen Aufsatz aus Glas, der drei verschieden geformte Gefäfse in sich vereinigt; letztere sind durch Hähne einzeln absperrbar und der Versuch läfst sich am besten in folgender Form ausführen:

Man füllt die Gefäfse mit Wasser bis zu einer beliebigen Höhe, schliefst darauf die Hähne bis auf den des langen, geraden Rohres, bezeichnet die Höhe durch eine Marke und bringt den Wagebalken ins Gleichgewicht, was sich durch Belasten und Verschieben der Schale leicht erreichen läfst. Nun öffnet man auch die anderen beiden Hähne und weist nach, dafs die gröfsere Wassermenge keinen stärkeren Druck auf die Bodenfläche ausübt und dafs der Druck unverändert bleibt, ob alle drei oder irgend zwei oder auch nur eine der Wassersäulen auf die Bodenplatte wirkt. Schliefst man dann aber die Hähne bis auf den des langen, geraden Rohres und giefst in letzteres Wasser nach, so wird schon durch eine geringe Erhöhung der Wassersäule Überdruck eintreten.

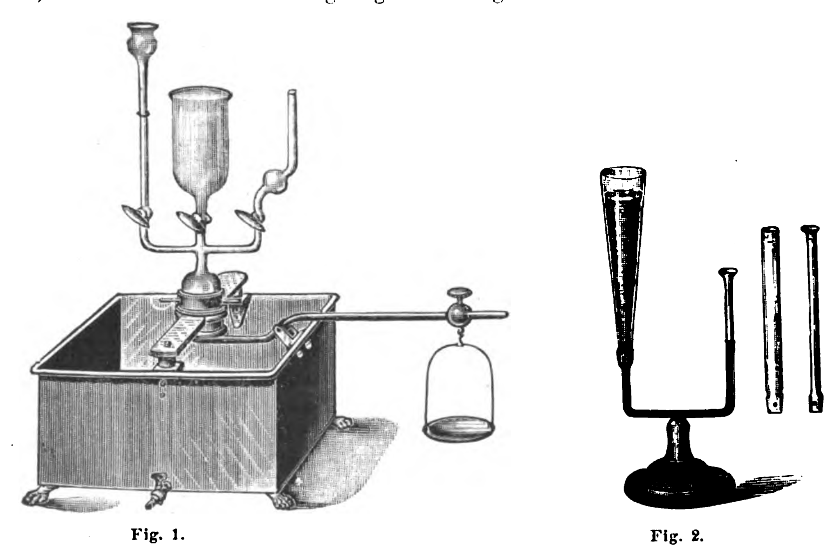


Fig. 1. Fig. 2.

Um zu zeigen, dafs der Druck bei gleicher Höhe thatsächlich nur von der Gröfse der Bodenfläche abhängt, verkleinert man die letztere, indem man den Rohraufsatz entfernt und wieder einsetzt, nachdem man eine dem Apparat beigegebene Messinghülse in die untere Öffnung gesteckt hat. Die Schale des Wagebalkens wird dann einer geringeren Belastung bedürfen, um dem Wasserdruck das Gleichgewicht zu halten.

Die Messingfassung, welche den Rohraufsatz trägt, ist mit zwei Griffen versehen, welche als Handhaben beim Einsetzen oder Abnehmen dienen. Die Fassung selbst ist nicht eingeschraubt, sondern mittels ihres unteren, konisch geformten Teiles in die entsprechende Öffnung eingesteckt und schliefst ohne Anwendung einer Lederzwischenlage vollkommen dicht. Durch diese Anordnung ist es auch möglich, bei jeder Stellung des Apparates den Aufsatz so zu drehen, dafs das Auditorium die 3 Röhren nebeneinander vor sich sieht.

Das Blechgefäfs, welches als Untersatz dient, hat genügende Gröfse, um das Überspritzen des Wassers zu verhindern; die Entleerung ist durch einen seitlich angebrachten Hahn leicht zu bewirken. — Der Preis des Apparates ist 36 M.

Wir möchten hier gleichzeitig noch auf eine ganz einfache Form des Haldatschen Apparates, bei welchem eine Quecksilbersäule als Druck-Indikator dient, hinweisen.

Wie die Abbildung (Fig. 2) zeigt, besteht der Apparat aus einer doppelt rechtwinklig gebogenen Glasröhre, die mit Quecksilber gefüllt wird. An dem kürzeren Schenkel trägt die Röhre eine Erweiterung, in welche 3 auswechselbare, verschieden geformte Röhren von gleicher unterer Weite eingeschliffen sind, die nahe dem oberen Ende, in gleicher Entfernung vom unteren, eine Marke besitzen. Bis zu dieser Marke werden die Röhren mit Wasser gefüllt, während ein auf dem längeren Schenkel die Höhe der Quecksilbersäule bezeichnender Kautschukring anzeigt, dafs der Druck von der Form der Gefäfse unabhängig ist. Die Erweiterung des rechtwinkligen Rohres hat eine seitliche Bohrung; eine gleiche befindet sich unten seitlich an jeder der drei eingeschliffenen Röhren und diese assen sich leicht entleeren, wenn man sie um ihre Achse dreht, bis beide Bohrungen auf einander fallen.

Der Apparat ist auch geeignet, das Verhalten von Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes in communizierenden Röhren zu zeigen. Der Preis beträgt 4,50 M.

Correspondenz.

Der Greifswalder Ferienkursus findet in diesem Jahre vom 16. Juli bis 4. August statt. Für die Leser dieser Zeitschrift dürften besonders folgende Gegenstände von Interesse sein: G. R. Prof. Landois, Bau und Thätigkeit der Stimm- und Sprachorgane, wöch. 1 stdg. — Prof. Dr. Credner, neue Forschungen auf dem Gebiete der physischen Erdkunde, wöch. 2 stdg.; derselbe: Geographische Exkursionen. — Prof. Dr. Richarz, Methodik des Experimentierens, demonstriert an den wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik, wöch. 2 stdg. — Dr. Ziegler und Dr. Starck, praktische Übungen im Anschluss an die Vorträge des Prof. Richarz, zweimal wöch. — Dr. Rosemann, Bau und Verrichtungen des menschlichen und tierischen Körpers, wöch. 2 stdg. — Prof. Dr. Schütt, die innere Organisation der Pflanze, mit mikroskopischen Demonstrationen, wöch. 2 stdg.

Der Preis einer Vollkarte, die zum Besuch sämtlicher Vorlesungen und Übungen berechtigt, beträgt 20 M. Für Ferienerholung wird an Nachmittagen sowie an den vorlesungsfreien Mittwochen ausgiebige Gelegenheit geboten. Anfragen sind an die Adresse „Ferienkurse, Greifswald“ zu richten.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1898. 54. Jahrgang. Zweite Abteilung: Physik des Äthers, redigiert von **Rich. Börnstein.** M. 34. Dritte Abt.: Kosmische Physik, redig. von **Rich. Assmann.** M. 22. Braunschweig, Frd. Vieweg, 1900. — Aus **Jac. Berzelius'** und **Gustav Magnus'** Briefwechsel 1828—1847, von Edvard Hjelt. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1900. M. 4. — **August Schulte-Tigges,** Philosophische Propädeutik auf naturwissenschaftlicher Grundlage. II. Teil. Berlin, Georg Reimer, 1900. M. 1,80. — **A. Heydweiller,** Die Entwickelung der Physik im 19. Jahrhundert. Berlin, Paul Parey, 1900. M. 1. — **Felix B. Ahrens,** Die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 1. — **Herm. Blochmann,** Physik, I. Mechanik und Akustik mit 87 Abbild. Stuttgart, Strecker u. Schröder, 1900. el. geb. M. 5. — **J. H. van 'tHoff,** Über die Theorie der Lösungen; **A. Ladenburg,** Die Entwickelung der Chemie in den letzten zwanzig Jahren (Samml. chem. u. chem. techn. Vorträge V. Bd. Hft. 1 und 2. à M. 1,20.) Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. — **Mach-Habart,** Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Ausg. f. Realschulen. Dritte Aufl. Wien u. Prag, F. Tempsky, 1900. 1 K. 80 h. — **Peter Münch,** Lehrbuch der Physik. Elfte Aufl., bearbeitet von Dr. H. Lüdtke. I. Teil, vorbereitender Lehrgang. Freiburg i. B., Herder, 1900. M. 1,80, geb. M. 2,15. — **Walter Herm,** Repetitorium der Chemie für Techniker. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1900. M. 3, geb. 3,50. — **W. Bermbach,** Die wichtigsten Grundbegriffe der Elektrochemie. Leipzig, Otto Wiegand, 1900. M. 1.

Sonderabdrücke: F. Richarz u. W. Ziegler: Analyse oscillierender Flaschenentladungen vermittelst der Braunschen Röhre; F. Richarz, Beobachtung des Tonunterschiedes von Echo und Schallquelle bei Bewegung der letzteren. S.-A. Mitt. d. Naturw. Vereins f. Neuvorp. u. Rügen, 31. Jahrg. 1899. — K. Schreber, Die Energieverhältnisse beim Lippmannschen Kreisprozefs. S.-A. Mitt. d. N. V. f. Neuvorp. u. Rügen, 31. Jahrg. 1899. — J. Elster, Über die Eigenschaften der Becquerelstrahlen, S.-A. Eders Jahrb. f. Photogr. 1900. — E. Gumlich und E. Schmidt, Über den Unterschied zwischen stetiger und unstetiger Magnetisirung, S.-A. E. T. Z. 1900 H. 12.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	Juni 4	Juni 9	Juni 14	Juni 19	Juni 24	Juni 29	Juli 4	Juli 9	Juli 14	Juli 19	Juli 24	Juli 29	
Heliocentrische Längen.	101°	130	156	178	196	213	228	242	256	270	284	299	☿
	232	240	248	256	264	272	280	287	295	303	311	319	♀
	253	258	263	268	272	277	282	287	291	296	301	306	♁
	23	26	29	31	34	37	40	43	46	49	51	54	♂
	247	247	247	248	248	249	249	249	250	250	251	251	♃
	271	271	271	272	272	272	272	272	272	273	273	273	♄
Aufst. Knoten.	251	251	250	250	250	250	249	249	249	249	248	248	☾
Mittl. Länge.	152	218	284	350	56	122	188	253	319	25	91	157	☾
Geocentrische Rektascensionen.	154	211	280	349	58	127	184	246	318	26	97	158	☾
	79	90	101	110	118	125	130	134	136	137	135	132	☿
	113	115	116	116	115	112	109	106	103	100	98	98	♀
	72	77	82	87	93	98	103	108	113	118	123	128	☉
	41	45	48	52	56	59	63	67	70	74	78	82	♂
	243	243	242	241	241	240	240	240	239	239	239	239	♃
	273	273	273	272	272	271	271	271	270	270	270	269	♄
Geocentrische Deklinationen.	+ 5	− 16	− 21	+ 1	+ 21	− 15	− 7	− 22	− 11	− 14	+ 21	+ 4	☾
	+ 24	+ 25	+ 25	+ 24	+ 22	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14	+ 13	+ 12	+ 13	☿
	+ 24	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 20	+ 19	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17	+ 17	♀
	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19	☉
	+ 15	+ 16	+ 18	+ 19	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	♂
	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	♃
	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 22	− 23	− 23	♄
Aufgang.	15h 43m	15.40	15.39	15.39	15.40	15.42	15.46	15.51	15.56	16.3	16.10	16.17	☉
	24h 6m	4.36	9.26	11.34	14.10	19.35	0.3	5.38	8.56	10.54	15.1	20.44	☾
Untergang.	8h 13m	8.18	8.21	8.23	8.24	8.24	8.22	8.19	8.15	8.10	8.3	7.56	☉
	12h 0m	13.40	18.5	24.48	5.58	9.27	10.57	13.31	19.49	1.18	6.29	8.30	☾
Zeitglchg.	− 1m 59s	− 1.5	− 0.5	+ 0.59	+ 2.4	+ 3.7	+ 4.5	+ 4.51	+ 5.33	+ 6.1	+ 6.15	+ 6.15	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Juni 4	19h	59m	Erstes Viertel		Juli 3	4h		Mond in Erdferne
5	10		Mond in Erdferne		4	13	14m	Erstes Viertel
12	16	38	Vollmond		12	2	22	Vollmond
18	15		Mond in Erdnähe		15	3		Mond in Erdnähe
19	13	57	Letztes Viertel		18	18	31	Letztes Viertel
26	14	27	Neumond		26	2	43	Neumond
					30	22		Mond in Erdferne

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Juni 15	16h 43m	17.59	14.0	6.23	8.42
	Juli 16	18. 14	15.30	12.58	4.09	6.32
Untergang der Planeten.	Juni 15	9. 53	10.23	5.26	14.45	16.32
	Juli 16	8. 50	6.52	5.28	12.35	14.18

Constellationen. Juni 11 9h ♃ ☌ ☾; 12 Mondfinsternis, siehe unten; 13 12h ♄ ☌ ☾; 21 11h ☉ im Krebszeichen, Sommersonnenwende; 21 23h ☿ ☌ ♀; 23 6h ♄ ☍ ☉; 23 21h ♂ ☌ ☾; 27 22h ♀ ☌ ☾; 28 20h ☿ ☌ ☾. — Juli 2 2h ♁ im Aphelium; 4 2h ☿ in gröfster östlicher Elongation von 26°; 8 0h ♁ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 10 17h ♄ ☌ ☾; 13 23h ☿ im Aphelium; 22 14h ♂ ☌ ☾; 23 10h ♀ im Aphelium; 24 3h ♁ ☌ ☾; 26 20h ☿ ☌ ☾; 28 21h ♃ stationär; 31 21h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern.

Mondfinsternis 1900, Juni 12. Erste Berührung mit dem Halbschatten 14h 16m,2, letzte 18h 39m,0; erste Berührung mit dem Kernschatten 16h 24m,2, letzte 16h 31m,0; Mitte der Finsternis 16h 27m,6; Gröfse nur 0,001 des Monddurchmessers, sodafs mit freiem Auge kaum etwas bestimmtes zu sehen ist, selbst dort, wo der Mond über dem Horizont steht, was z. B. in Berlin und dem gröfsten Teile von Deutschland nicht der Fall ist. Der Mond geht für Berlin um 16h 3m M.-E.-Z. unter.

Jupitermonde. Juni 12 9h 19m I A; 19 11h 13m I A; 22 9h 49m III A; 26 13h 7m I A; 29 11h 58m III E, 13h 49m III A. — Juli 5 9h 31m I A; 12 8h 37m II A, 11h 25m I A; 19 11h 15m II A; 28 9h 43m I A.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima sind wegen ungünstigen Standes der Constellation nicht zu beobachten. Trotz des in der vorigen Nummer erwähnten ungünstigen Umstandes sind einzelne Veränderliche gut zu studieren, besonders β, *R Lyrae*, η *Aquilae*, α und δ *Herculis*, während die Sterne in *Cepheus* und *Cassiopeia* dem nördlichen Dämmerlichte zu nahe gerückt sind.

Meteore. Maximum Juli 26, 27 durch den Neumond begünstigt.

J. Plafsmann, Münster.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang. Viertes Heft. Juli 1900.

Die experimentelle Behandlung der gleichförmig beschleunigten Bewegung im Unterricht.

Von
Dr. **W. Elsässer** in Charlottenburg.

Der experimentellen Behandlung der gleichförmig beschleunigten Bewegung im physikalischen Unterrichte liegen zum gröfsten Teil zwei Apparate als Veranschaulichungsmittel zu grunde: die Galilei'sche Fallrinne und die Atwood'sche Fallmaschine. Während die constructive Einfachheit des einen ihn mehr zur Verwendung in der Unterstufe befähigt, bleibt der andere durch die Vielseitigkeit der Zwecke, denen er dient, im Wesentlichen der Oberstufe vorbehalten. Beide zeichnen sich durch eine verhältnismäfsige Einfachheit der Handhabung und durch bequemes Überwachen der einzelnen Vorgänge aus, im besonderen ist die Atwood'sche Fallmaschine ein so geeignetes Demonstrationsmittel im Hörraum, dafs es kaum ein Schulkabinet geben dürfte, zu dessen Inventar dieser Apparat nicht gehörte. Den unleugbaren Vorzügen der erwähnten Apparate steht indessen als ein gewisser Mangel gegenüber, dafs man bei ihrer Benutzung gezwungen ist, die Beobachtung jedesmal auf einen einzelnen, bestimmten Zeitpunkt zu beschränken, dafs man nicht in der Lage ist, die innerhalb eines gewissen Zeitabschnitts eintretenden Zustandsänderungen auf einmal zu übersehen und zu vergleichen, und so ein anschauliches Bild von dem ganzen Verlauf der Bewegung zu gewinnen. Dem hat man in der mannigfaltigsten Weise durch Anwendung der graphischen Methode abzuhelfen sich bemüht, aber keiner der vielen Apparate, die unter Benutzung dieses Princips seit Morin construiert wurden — ich erinnere an die von Lebourg, Bourbouze, Lippich, Pfaundler — hat sich rechten Eingang in die physikalischen Schulkabinette verschaffen können, trotzdem die Anschaulichkeit der Darstellung durch sie nicht unwesentlich erhöht wird. Dies mag zum grofsen Teil darauf zurückzuführen sein, dafs die betreffenden Apparate, wenn sie sicher funktionieren sollen, nicht immer einfach construiert sind; die Exaktheit der Führung der Schreibvorrichtung oder ihrer Unterlage, die Überwindung der Reibungswiderstände u. s. w. machen Complicierungen erforderlich, die eine entsprechende Erhöhung des Preises zur Folge haben und daher die Anschaffung erschweren. Es kommt hinzu, dafs die Mehrzahl dieser Apparate nicht universell genug ist; sie erlauben nicht, die vielfachen Beziehungen zu verfolgen, die sich zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung an der Atwood'schen Fallmaschine so leicht darlegen lassen. Es erschien mir daher nicht überflüssig, einen Apparat zusammenzustellen, der bei leichter Handhabung und einfacher Construktion die wesentlichsten Eigentümlichkeiten der Atwood'schen Fallmaschine mit den Vorzügen verbindet, welche die graphischen Apparate aufweisen. Dabei war es mir von besonderer Wichtigkeit, dafs es mit Hülfe dieser graphischen Methode möglich wird, den Begriff der

ungleichförmigen Geschwindigkeit, der sonst für die experimentelle Behandlung nur schwer zugänglich ist, anschaulich zu entwickeln.

Als Mafs für die ungleichförmige Geschwindigkeit dient der Quotient $\frac{ds}{dt}$, der aus $\frac{\varDelta s}{\varDelta t}$ als Grenzwert hervorgeht, wenn die endlichen Gröfsen $\varDelta s$ und $\varDelta t$ sich gleichzeitig und in Abhängigkeit von einander der Null nähern. Galilei begnügte sich noch damit, den Quotienten $\frac{\varDelta s}{\varDelta t}$ selbst zur Definition heranzuziehen mit der Mafsgabe, dafs $\varDelta s$ und $\varDelta t$ sehr klein gewählt wurden. Die hierin liegende Ungenauigkeit kann in der That bei geeigneter Wahl der Hülfsmittel und genügender Kleinheit von $\varDelta s$ und $\varDelta t$ praktisch bedeutungslos gemacht werden. Die Atwood'sche Fallmaschine entzieht sich der Demonstration einer derartigen Erklärung, sie unterbricht, um die Geschwindigkeit zu bestimmen, die Bewegung an einem Punkte und stellt dadurch einen gleichförmigen Bewegungszustand her, welcher der Messung leicht zugänglich ist.

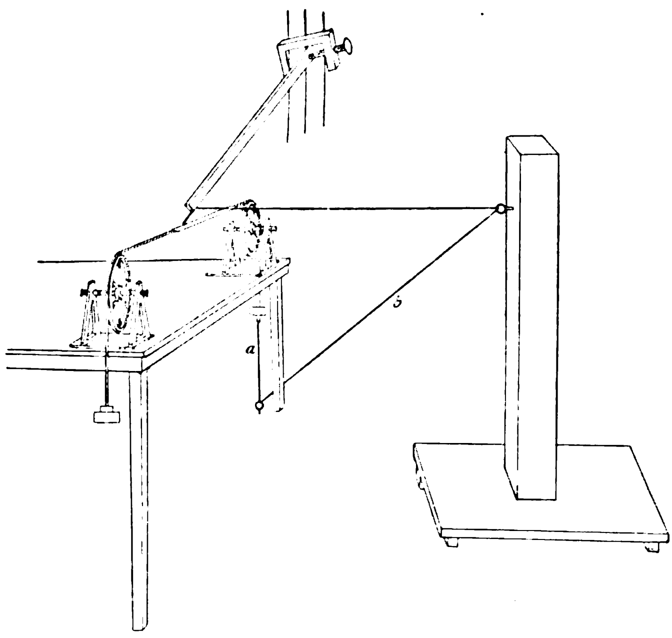


Fig. 1.

Dagegen läfst sich zwar principiell nichts einwenden, denn auch der Definition $v = \frac{\varDelta s}{\varDelta t}$ liegt, wenn man sie nicht rein mathematisch auffafsen will, das Postulat einer gleichförmigen Bewegung in dem Zeitelement $\varDelta t$ zu Grunde, aber weder ist eine plötzliche Verwandlung von ungleichförmiger in gleichförmige Bewegung, wie sie bei der Atwood'schen Fallmaschine durch Abheben des Übergewichtes erzielt wird, allgemein ausführbar, noch kann die vollständige Änderung des Charakters der Bewegung als ein besonderer Vorzug angesehen werden. Demgegenüber darf man es der graphischen Methode als didaktischen Vorzug anrechnen, dafs sie die Möglichkeit bietet, ohne Änderung des Bewegungscharakters und der wirkenden Kräfte den Begriff der variablen Geschwindigkeit anschaulich zu machen und mit einer Genauigkeit zu bestimmen, welche die der anderen Apparate durchweg mindestens erreicht.

Die Einrichtung des Apparates (Fig. 1) und das Verfahren, welches zur Bestimmung der Geschwindigkeit dient, ist aus der folgenden Beschreibung ersichtlich.

Zwei gut ausbalanzirte und in Spitzen laufende Fallmaschinen-Räder aus Aluminium (Durchmesser 9 cm) sind in der Weise abgeändert, dafs statt der peripherischen zur Schnuraufnahme bestimmten Rinne ein glatter Rand von $2\frac{1}{2}$—3 mm Breite bleibt. Die Achsenlager der Räder werden an zwei gegenüber liegenden Stellen einer Tischplatte in einer Entfernung von 40—50 cm so aufgesetzt, dafs sie über den Rand des Tisches etwas hinausragen und dafs die horizontale Rad-Axe der Tischkante parallel läuft. Nachdem die Räder in die Axenlager eingesetzt sind, werden die letzteren so eingestellt und festgeschraubt, dafs die beiden Rad-Ebenen zusammenfallen.

Über den Rand der beiden Räder wird dann ein schmales, vollkommen biegsames, fest und gleichmäfsig gewebtes Seidenband von $2\frac{1}{2}$ mm Breite (das schmalste erhältliche Seidenband) aufgelegt, das bis zur halben Entfernung vom Fufsboden auf beiden Seiten herunterhängt und an den Enden gleiche Gewichtsstücke trägt. Je 50 g sind ein passendes Gewicht für die anzustellenden Versuche. Dann schneidet man aus den dünnen Glasplatten, die zum Herstellen der mikroskopischen Deckgläser benutzt werden (0,2 mm Dicke) und die in der Gröfse 10 : 10 cm in den Handel kommen, Streifen von 6—7 mm Breite und berufst dieselben. An den Enden ihrer Unterseite werden sie mit einer sehr geringen Menge Klebstoff versehen und dann auf das Band aufgelegt, sodafs sie in horizontaler Lage fest auf der Unterlage haften. Als schwingende Körper dienen ein 75 cm langer, 1 cm breiter und 3 mm dicker Holzstab, der am Ende fest in einer Schraubzwinge eingeklemmt wird, die an einer erhöhten Stelle angebracht ist, damit der Stab unter einem nicht zu kleinen Winkel gegen den horizontalen Glasstreifen geneigt ist; ferner eine Normal-Stimmgabel, die von der physikalisch-technischen Reichsanstalt auf 870 Halbschwingungen geaicht ist. Beide tragen eine Schreibvorrichtung derart, dafs an ihrem Ende ein kurzes und schmales Streifchen weichsten Bandstahls so befestigt wird, dafs seine Ebene senkrecht zur Schwingungsebene des Stabes bezw. der Gabel gerichtet ist. Am Ende des Stahlstreifens ist die Spitze einer Nähnadel befestigt. Diese Spitze wird so eingestellt, dafs sie den berufsten Glasstreifen ohne Druck berührt, die Bewegung erfolgt dann sicher und zuverläfsig und die Reibung der Spitze gegen die Glasfläche ist äufserst gering. Man geht nun zu folgenden Versuchen über:

1. Bestätigung des Gesetzes der Fallräume.

Will man das Gesetz der Fallräume veranschaulichen, so ist die Stimmgabel entbehrlich. Auf beiden Seiten werden an das Ende des Seidenbandes gleiche Gewichte angehängt und in gleicher Entfernung vom Fufsboden eingestellt. Eins der Gewichte trägt an der Unterseite einen Haken. (*a*, Fig. 1). Genau vertikal unter demselben wird in den Fufsboden ein kleiner Messingring eingeschraubt. Seitlich vom Ende des schwingenden Stabes ist an besonderem Stativ in gleicher Höhe mit dem Stabende in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ bis 1 m ein zweiter Ring angebracht. Nun wird an dem Haken *a* ein dünner Zwirnfaden angeknüpft, zunächst durch den unteren, dann durch den seitlichen Ring gezogen und endlich an dem Stabende so befestigt, dafs der Faden senkrecht gegen den Holzstab gerichtet ist. Legt man dann auf das Gewicht, welches nicht den Faden trägt, ein Übergewicht, so wird der ganze Faden gespannt und es lässt sich durch Verschieben des seitlichen Ringes leicht erreichen, dafs beide Gewichte wieder in gleicher Höhe sich befinden. Nach Auflegen des Glasstreifens wird die Nadelspitze gegen den Anfang des Streifens gerichtet. Durch die Spannung des Fadens wird zu gleicher Zeit das Ende des Holzstabes etwas

zur Seite gezogen. Stärke des Stabes und Gröfse des Übergewichtes sind so zu wählen, dafs die Ausbiegung klein bleibt und keinesfalls über den Glasstreifen hinaus geht. Stellt man jetzt die Spitze so ein, dafs die Rufsschicht von ihr durchschnitten wird, und brennt den Faden an einem Punkte, am besten bei *b* durch, so erhält man auf dem Glasstreifen eine Wellenlinie, welche die Gesetze der Fallräume sehr genau zu verfolgen gestattet. Bevor der Faden gespannt wurde, hat man den Glasstreifen einmal unter der Spitze hergezogen und so eine gerade Linie erhalten, welche die Mittellinie der Wellenkurve darstellt und der Ruhelage des schwingenden Stabes entspricht. Die Auslösung durch Abbrennen des Fadens ist präcise und der Anfang der Bewegung ist vollkommen scharf zu erkennen. Es dient zur weiteren Vereinfachung des Apparats, dafs ein besonderer Zeitmesser hier überflüssig ist, da es zur Bestätigung der Gesetze nicht auf ein vorgeschriebenes Zeitintervall ankommt. Man wählt daher die Schwingungszeit des Stabes als Zeiteinheit und hat in dem Synchronismus der Schwingungen ein bequemes Mittel, gleiche Zeitintervalle abzugrenzen. Eine Wellenlänge entspricht dann jedesmal der Zeit einer Schwingung, und die Feststellung der in den einzelnen Zeitabschnitten zurückgelegten Wege ergiebt mit grofser Genauigkeit das Verhältnis der ungeraden Zahlen. Die nachstehende Kurve (Fig. 2a) wurde erhalten bei Belastung von je $50^1/_2$ g und 20 g Übergewicht:

Der die Länge der ersten Welle bestimmende Abstand ist hierbei genau 3 mm.



Fig. 2a.

Fig. 2b.

Bei 25 g Übergewicht ist die Wellenkurve etwas weiter auseinander gezogen (Fig. 2b).

Die Länge der 1. Welle ist hier 3,65 mm. Zur Demonstration werden die Glasstreifen in einen Projektionsapparat eingesetzt und die Kurven in passender Vergröfserung auf einen Schirm geworfen. Bei Bestimmung der absoluten Länge empfiehlt es sich, einen Glasmafsstab mit mm-Teilung mit zu projicieren und zwar in der Weise, dafs eine 10-fache Vergröfserung erzielt wird; die Projektionsteilung deckt sich dann mit einer vorher auf den Schirm gezeichneten cm-Teilung (mit Unterteilung in mm); $^1/_{10}$ mm lassen sich auf diese Weise noch genau bestimmen.

2. Bestimmung der Geschwindigkeit.

Der Quotient $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ bestimmt den Wert der Geschwindigkeit um so genauer, je kleiner Δt und damit Δs gewählt werden. Nimmt man daher eine geaichte Normalstimmgabel (435 Vollschwingungen), so hat man eine Zeit von $^1/_{435}$ Sek., bei Benutzung von Halbschwingungen $^1/_{870}$ Sek., zur Verfügung. Genauer werden die Resultate bei Verwendung einer höheren Stimmgabel, z. B. von 1024 ganzen Schwingungen. Voraussetzung ist in beiden Fällen, dafs die Stimmgabeln genau und zuverläfsig geaicht sind; eine von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geaichte Kammertongabel dürfte in jedem Kabinett vorhanden sein. Man befestigt nun an das eine Zinkenende einer solchen Gabel eine Schreibspitze von möglichst geringer Masse (die äufserste Spitze einer Nähnadel an einem schmalen Streifen Schreibpapier) und läfst, nachdem man vorher durch den schwingenden Holzstab die Kurve hat aufzeichnen lafsen, auf einem anderen Glasstreifen unter denselben Verhältnissen die Stimmgabel ihre Kurve



aufzeichnen. Beide Gläser werden dann so zur Deckung gebracht, dafs die Anfänge der Kurven genau zusammenfallen. An den Umkehrpunkten der bei 1) erhaltenen Wellen werden die Geschwindigkeitsbestimmungen ausgeführt. Δt ist durch die gewählte Stimmgabel festgelegt, Δs wird durch einen Glasmafsstab in der unter 1) angegebenen Weise auf Zehntel mm (durch Wiederholung des Verfahrens auf Hundertstel

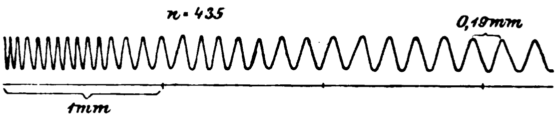


Fig. 3.

mm) genau bestimmt. Benutzt man die Kammertongabel, deren Tonhöhe durch die angebrachte Masse nicht merklich geändert wird, und die unter 1) verwandten Gewichte, so erhält man als Wert der Geschwindigkeit im Punkt 1: $v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,19}{1/_{435}} \frac{mm}{sek.}$ (Fig. 3). Eine genauere Bestimmung mit Hülfe einer anderen Gabel ergiebt $v_1 = \frac{0,194}{1/_{435}}$. Um die in 1) benutzte Zeiteinheit zu Grunde legen zu können, zählt man die zwischen den Punkten 1, 2, 3 u. s. w. liegenden Stimmgabelwellen; es ergiebt sich im Mittel, dafs 31 Wellen auf diese Länge kommen, so dafs also die als Zeiteinheit benutzte Schwingungszeit des Stabes = $^{31}/_{435}$ Sek. ist. Drückt man daher Δt durch diese Zeiteinheit aus, so wird $v_1 = \frac{0,194}{1/_{31}} = 6 \frac{mm}{Z.E.}$. Für die Geschwindigkeitswerte am Ende der folgenden Zeitintervalle und die bis dahin zurückgelegten Wege erhält man dann folgende Tabelle:

$s_1 = 3$ mm.	$v_1 = 6 \frac{mm}{Z.E.}$
$s_2 = 12$ -	$v_2 = 12$ -
$s_3 = 27$ -	$v_3 = 18$ -
$s_4 = 48$ -	$v_4 = 24$ -

Hieraus ist zunächst erkennbar, dafs die Geschwindigkeiten proportional den Zeiten wachsen; die Bewegung ist eine beschleunigte und zwar eine gleichförmig beschleunigte, da in gleichen Zeiten sich die gleiche Zunahme an Geschwindigkeit herausstellt. Die am Ende des 1. Zeitintervalls erhaltene Geschwindigkeitsmafszahl ist doppelt so grofs als die Mafszahl des bis dahin durchlaufenen Weges, die Wege in den einzelnen Zeitabschnitten sind den Quadraten der Zeiten proportional.

3. Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der bewegenden Kraft.

Nimmt man bei der Anordnung des vorigen Versuchs 5 g von dem Übergewicht fort und legt sie auf die andere Seite, so beträgt bei unveränderter Masse das jetzige Übergewicht 10 g. Die hierbei erhaltene Kurve (Fig. 4a) zeigt, dafs die in denselben



Fig. 4a. Fig. 4b.

Zeiten zurückgelegten Wege die Hälfte der früheren betragen. Geschwindigkeit und Beschleunigung sind daher ebenfalls halb so grofs wie bei Verwendung des Übergewichts von 20 g (Fig. 4b). In beiden Fällen sind zur Überwindung der gesamten

Reibung 0,9 g hinzuzufügen; der Luftwiderstand ist, da nur der Anfang der Bewegung in Betracht kommt, unbeträchtlich. Legt man zum Übergewicht 10 g von der anderen Seite, so hat man im ganzen ein Übergewicht von 30 g und erhält eine Kurve, die gegenüber der vorhergehenden das dreifache an Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg aufweist.

In derselben Weise läfst sich auch die Abhängigkeit von der Masse durch zwei entsprechende Wellenkurven demonstrieren.

Bestimmung der Schwerebeschleunigung g durch Photographie von Stimmgabelschwingungen.

Von

R. Kottenbach in Salzburg.

Die Schwerebeschleunigung g wird im Mittelschulunterricht gewöhnlich nur durch Beobachtung der Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels näherungsweise bestimmt. Die Schwierigkeiten in der Ableitung der Formel $\tau = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ haben jedoch dem Schüler die Bedeutung der Gröfse g, die ja thatsächlich in dieser Formel kaum mehr zu erkennen ist, so weit entrückt, dafs es vom didaktischen Standpunkt geboten erscheint, diese Gröfse auch durch einen andern Versuch zu ermitteln, der ihre Bedeutung möglichst unmittelbar erkennen läfst.

Ein solcher Versuch ist die Beobachtung einer Fallhöhe und der dazu erforderlichen Zeit, welche durch die Formel $h = \frac{g}{2} t^2$ verbunden sind, deren Herleitung die Bedeutung der Gröfse g immer in Evidenz hält[1]). Am bequemsten aber wäre es für den Schüler, dessen physikalische Auffassungskraft noch ungeübt und unentwickelt ist, das g gemäfs seiner Definition als Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit direkt beobachten zu können. Dazu wäre erforderlich, dafs die in möglichst kleinen gleichen Zeiten durchlaufenen Wege zur Anschauung gebracht werden, eine Forderung, welche durch das Phonogramm einer Stimmgabel auf einer frei vorbeifallenden Platte erfüllt wird.

Apparate zu Versuchen dieser Art sind von Laborde, Lippich, Müller, Raps u. a.[2]) angegeben und konstruiert worden; es haften jedoch allen diesen Apparaten, auch jenen, bei welchen die Schreibplatte ganz frei fällt, zwei Fehlerquellen an, welche eine auch nur angenähert richtige Bestimmung von g unmöglich machen; einerseits wird nämlich durch die Reibung die freie Bewegung der Platte gehindert und andrerseits die Schwingungszahl des Schreibstiftes geändert. Ich habe diese Versuche mit einer an der Stimmgabel befestigten Borste ausgeführt und regelmäfsig ein zu grofses g und zu kleines n gefunden; dieses Resultat brachte mich auf den Gedanken, dafs die Spitze der Borste die Schwingungen der Stimmgabel nicht einfach mitmache und ich untersuchte den Einflufs der Borstenlänge auf die Ergebnifse des Experiments. Diese Untersuchungen liessen über die Richtigkeit meiner Vermutung keinen Zweifel; die Borste mufs wie jeder lineare Leiter, um die Schwingungen der Stimmgabel mitmachen zu können, eine ganz bestimmte Länge haben, voraus-

[1]) Vgl. P. Johannesson, die Bestimmung von g im Unterricht, d. Zeitschr. XII, 6.
[2]) Vgl. auch O. Reichel, d. Zeitschr. V, 229, VI, 197.



gesetzt, dass das eine Ende völlig frei ist; nun wird aber diese Freiheit in völlig unberechenbarer Art beeinträchtigt, wenn die Borste mit der fallenden Platte in Berührung kommt; es müfsen Interferenzen auftreten und von einem völlig isochronen Mitschwingen kann keine Rede mehr sein. Dieser Nachteil wird sich allerdings weniger geltend machen, wenn statt der Borste eine ziemlich breite Metallfeder verwendet wird. Bei einer solchen ist anzunehmen, dafs sie genau die Schwingungen der Stimmgabel wiedergiebt; dagegen wird ihre gröfsere Festigkeit zur Folge haben, dafs die Reibung an der vorüberfallenden Platte wie eine Mafsenvergröfserung die Schwingungszahl der Stimmgabel vermindert. Diesen und noch manchen andern Schwierigkeiten und Mängeln suchte ich durch Anwendung eines möglichst wenig materiellen Schreibmittels, das aber doch die Schwingungen der Stimmgabel genau mitzumachen im Stande ist, abzuhelfen. Die Versuche, die ich in dieser Richtung anstellte, führten mich unter anderm auch auf die Anwendung eines Flüfsigkeitsstrahles, der aus einem sehr dünn ausgezogenen Glasröhrchen am Ende der schwingenden Stimmgabel hervordringt und die Schwingungen derselben auf die mit Filtrierpapier überzogene vorüberfallende Platte zeichnet. Die Versuchsresultate waren zwar wesentlich bessere, jedoch schien auch hier in einem gewissen Grade das zu gelten, was oben über die nicht genaue Übereinstimmung der Schwingungen des Schreibstiftes und der Stimmgabel gesagt wurde. Vom flüfsigen Schreibstift ging ich endlich zu einem noch weniger materiellen Mittel über, indem ich einen an der Stimmgabel reflektierten Lichtstrahl die Schwingungen derselben auf einer lichtemfindlichen Platte aufzeichnen liefs. Bevor ich an die Ausführung dieser Versuche ging, überzeugte ich mich, ob die unendlich kleine Expositionszeit (0,005—0,001 Sek.) genüge, um auf der lichtempfindlichen Platte ein deutlich wahrnehmbares Bild hervorzubringen und liefs zu diesem Zwecke eine mit einem Filmstreifen überzogene Platte durch den Brennpunkt eines conzentrierten Sonnenstrahlenbüschels fallen. Es zeigte sich nach einigen Minuten Entwickelung ein intensiver schwarzer Strich auf dem Film; die Verwendbarkeit der Momentphotographie zu den in Rede stehenden Versuchen war damit erwiesen, es handelte sich nur mehr um die Anordnung derselben.

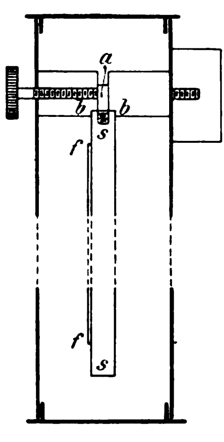


Fig. 1.

Die eine Zinke einer Normalstimmgabel wurde mit einem kleinen Glasspiegel versehen, der den Ton derselben, wie durch Schwebungen mit einer andern Normalstimmgabel constatiert wurde, um fast genau 3 Schwingungen erniedrigte. Um dies zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Ende der Stimmgabel blank polieren zu lassen, um es selber als Spiegel benutzen zu können.

Auf die Spiegelfläche wurde etwas schief das durch eine Linse conzentrierte Lichtstrahlenbüschel gerichtet, so dafs die Strahlen nach der Reflexion etwa 25 cm vom Spiegel entfernt sich vereinigten; es mufs also zur Concentration eine Linse von mindestens 50 cm Brennweite benutzt werden. Der Filmstreifen *ff* (Fig. 1 Seitenansicht) wird in einen Rahmen *ss* aus Metall (4 cm × 15 cm) eingespannt; in dem oberen Rande dieses Rahmens ist ein Stahlstift *a* eingeschraubt, mittelst dessen der Rahmen in einer Klemmschraube *kk* befestigt werden kann. Die Klemmschraube befindet sich in einem Kästchen aus Pappe (3 cm × 6 cm × 20 cm), das oben und unten mit abhebbaren, lichtdicht schliefsenden Deckeln versehen ist und aus welchem nur der Schraubenknopf der Klemmschraube hervorragt. Um eine seitliche Drehung des Rahmens beim

Auslösen desselben zu verhindern, ist die Klemmschraube mit einer 1 mm tiefen Nute *bb* versehen, in welche der Rand des Rahmens genau hineinpafst. Ist dieser massiv genug und reicht der Stahlstift nur ganz wenig in die Bohrung hinein, so genügt der leiseste Druck am Schraubenkopfe zur Auslösung, die also nahezu als eine momentane betrachtet werden darf. Das Kästchen wird nun an einem eisernen Ständer befestigt und so aufgestellt, dafs der fallende Rahmen möglichst genau durch den Brennpunkt des conzentrierten Lichtstrahlenbüschels hindurch fällt. Unterhalb des Kästchens ist in entsprechender Entfernung zur Aufnahme des fallenden Rahmens ein etwas gröfserer Behälter aus Pappe aufgestellt, der ebenfalls lichtdicht geschlossen werden kann.

Der Versuch kann in jedem abgedunkelten Raume vorgenommen werden; ein vollkommener Ausschlufs des zerstreuten Lichtes ist jedoch, wie sich zeigte, durchaus nicht notwendig.

Die grofse Länge des als Schreibstift fungierenden Lichtstrahles hat zur angenehmen Folge, dafs die Amplituden der verzeichneten Schwingungen auch dann noch ziemlich bedeutend sind, wenn die Stimmgabel nur mehr schwach tönt, so dafs man ohne Hast die Stimmgabel anstreichen, den unteren Deckel des Kästchens abnehmen und den Rahmen auslösen kann, ohne befürchten zu müssen, dafs die Elongationen zu klein geworden seien.

Bevor der Versuch ausgeführt wird, hat man mit möglichster Genauigkeit die Entfernung zwischen dem unteren Rande des Filmstreifens und dem Lichtzeiger abzumessen. Nennen wir diese s_1, und die Entfernung des oberen Randes vom Lichtzeiger s_2, so ergiebt sich aus $s_1 = \frac{g}{2} t_1^2$ und $s_2 = \frac{g}{2} t_2^2$ für die Zeit, in welcher der Streifen den Lichtstrahl passiert $t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2}{g}}\,(\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1})$. (Zur Vereinfachung der Rechnung empfiehlt es sich also s_1 etwa $= 4$ cm und $s_2 = 16$ cm d. h. die Streifenlänge $= 12$ cm zu wählen.) Ist also die Schwingungszahl der Stimmgabel n (in unserm Fall 432) und die Anzahl der auf der Platte verzeichneten Schwingungen z, so ist $t_2 - t_1 = \frac{z}{n} = \sqrt{\frac{2}{g}}\,(\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1})$, woraus dann entweder g oder n berechnet werden kann.

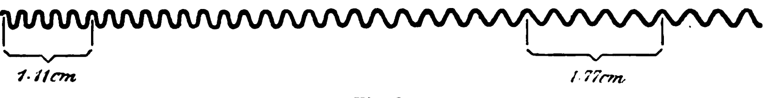


Fig. 2.

Bei der Aufnahme, die in Fig. 2 reproduziert ist, betrug $s_1 = 4{,}1$ cm $s_2 = 14{,}1$ cm, die Anzahl der verzeichneten Wellen $z = 33{,}7$; diese Werte ergeben, wenn $n = 432$ gesetzt wird für $g = 983{,}7$ cm, und umgekehrt für $g = 981$ cm $n = 431{,}5$.

Das Phonogramm kann aber noch in anderer Weise zu einer angenäherten Bestimmung von g verwendet werden, die in didaktischer Beziehung wertvoll ist, da hierbei die Beschleunigung gemäfs ihrer Definition unmittelbar als Geschwindigkeitszuwachs in der Zeiteinheit beobachtet wird.

Der Schüler bemerkt nämlich an dem Phonogramm, dafs die Längen der einzelnen Wellen nur sehr langsam zunehmen und dafs eine ziemlich beträchtliche Anzahl aufeinanderfolgender Wellen nahezu gleich lang sind. Er wird daher ohne weiteres geneigt sein, den Quotienten zwischen einer nicht allzulangen Strecke und der zugehörigen Zeit als Geschwindigkeit für den Mittelpunkt dieser Strecke gelten

zu lassen, was ja von der Wahrheit nur wenig abweicht. Messen wir z. B. die Distanz zwischen der 1. und 5. Welle (1,11 cm) und ebenso diejenige zwischen der 26. und 30. Welle (1,77 cm) und dividieren durch die zugehörigen Zeiten $\left(\frac{5}{432}\text{ Sek.}\right)$, so erhalten wir die Geschwindigkeiten für die Mittelpunkte der beiden betrachteten Strecken mit ziemlicher Genauigkeit. Bilden wir die Differenz dieser beiden Geschwindigkeiten und dividieren sie durch die der Entfernung der beiden Mittelpunkte entsprechende Zeit d. h. $\frac{25}{432}$ Sek., so erhalten wir für die Beschleunigung

$$g = (1{,}77 - 1{,}11)\,\frac{432}{5}\cdot\frac{432}{25} = 985 \text{ cm}.$$

Die Berechnung der Geschwindigkeit eines dritten Punktes und ihr Vergleich mit einer früher bestimmten würde die Constanz der Gröfse g beweisen.

Da der Film bei gehöriger Entwickelung und Fixierung vollkommen durchsichtig wird, so eignet sich das Phonogramm auch ohne weiteres zur Vergröfserung und Projektion, die es ermöglichen, die etwas schwierigen Messungen der kleinen Längen bequem und genau und für ein gröfseres Auditorium sichtbar ausführen zu können.

Der Wert, den gerade die zuletzt angegebene Betrachtungsweise des Phonogramms, an dem sich so leicht die Wege und zugehörigen Zeiten ablesen lassen, für didaktische Zwecke hat, ist unverkennbar. Die schwierigen Begriffe von momentaner Geschwindigkeit und constanter Beschleunigung werden durch das Phonogramm in anschaulichster Weise illustriert und können durch dasselbe in unmittelbarster und einfachster Weise klar gelegt werden. — Wenn aufserdem die Gröfsen n und g noch durch andere Versuche (Sirene, Pendelversuch) mit thunlichster Genauigkeit bestimmt wurden, so wird der Versuch mit der fallenden Platte, der diese beiden Gröfsen in Beziehung zu einander bringt, und dessen Methode von derjenigen der beiden andern ganz und gar verschieden ist, dem Schüler als Controllversuch sehr willkommen sein. Die vollkommene Übereinstimmung der Versuchsresultate bei gänzlich verschiedenen Versuchsmethoden bietet ihm die Gewähr für die Zweckmäfsigkeit und Vernünftigkeit unserer Definitionen $\left(v = \lim.\frac{s_1 - s}{t_1 - t},\ g = \lim.\frac{v_1 - v}{t_1 - t}\right)$ und die Richtigkeit der aus ihnen gezogenen Folgerungen. $\left(s = \frac{g}{2}t^2,\ \tau = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}.\right)$

Zur Geschichte der Fallmaschine.

Von

Dr. **K. Schreber** in Greifswald.

Vor einiger Zeit wurde ich von Herrn Prof. R. Malagoli in Modena brieflich darauf aufmerksam gemacht, dafs ein Apparat von der gewöhnlich „Atwoodsche Fallmaschine" genannten Art schon 30 Jahre vor Atwood von einem Deutschen zu Versuchen benutzt worden ist. Da diese jedenfalls in Deutschland besonderes Interesse erregen werden, so will ich im Nachfolgenden etwas ausführlicher über sie berichten, als das Herr Prof. Malagoli in seiner Arbeit[1]) gethan hat.

[1]) Malagoli: Die Atwoodsche Fallmaschine und ihre Anwendung zur Bestimmung von „g". Mem. d. Soc. d. Spettroscopisti Itàliani. 28, 1899.

Im Jahre 1751 erschien in Leipzig: „*Entwurf einer Theorie der Überwucht, durchgeführt und an einwandfreien Experimenten geprüft von C. G. Schober.*“ In diesem nur 80 Seiten umfassenden Büchelchen sind die angeführten Experimente beschrieben. Ich habe dasselbe von der Universitätsbibliothek zu Göttingen erhalten können.

Schober stellt sich die Aufgabe, die Geschwindigkeit zu berechnen, mit welcher sich ein Hebel oder eine ähnliche einfache Maschine bewegt, wenn an dem einen Arm eine Kraft angreift, während an dem anderen eine Last hängt. Kraft sowohl wie Last sind dargestellt durch Massen, welche der Schwere unterworfen sind. Soll die Bewegung in der Richtung der Kraft stattfinden, so mufs die dieser entsprechende Masse gröfser sein, als die der Last entsprechende. Diese, der Differenz der Massen entsprechende Kraft nennt Schober die „Überwucht.“

Die Beschleunigung, mit welcher die Bewegung am gleicharmigen Hebel geschieht, findet Schober gegeben durch die Gleichung

$$x = \frac{ng}{m + n}$$

g, die Beschleunigung beim freien Fall, setzt er gleich 30 Fufs.

Nachdem dann Schober diese Gleichung auf eine Reihe von Aufgaben angewandt, und sie auch für den Fall erweitert hat, dafs der Hebel ein ungleicharmiger ist, geht er zur Beschreibung der Versuche über, mit denen er die entwickelten Gleichungen geprüft hat. Diese sind im Jahre 1746 im Salzbergwerke von Wielizka bei Krakau in Gegenwart des Bergrates Borlach[2]) in einem Schacht von 220 Fufs Tiefe angestellt.

„*Die Schnur, welche ich dazu gebrauchte, war von weifsem Zwirn, 4drähtig geflochten, 446 Fufs lang und wog 8 Loth.*

„*Die Rolle war von hartem Holz, 2 1/6 Zoll im Durchmesser, hatte eine stählerne Achse von 1/12 Zoll Durchmesser und wog 1 Loth 1 1/2 Quentchen. Das Zapfenlager war von Horn, welches vorher etwas geröstet war, und die Gewichte beide cylinderförmig 4 Zoll lang, inwendig hohl und wogen jedes 2 ℔ Köllnisch.*

„*Damit immer auf beiden Seiten gleich viel Schnur sei, ging dieselbe unten durch das eine Gewicht hindurch und war an den Boden des anderen wieder angehängt.*

„*So hingen also auf jeder Seite 64 Loth Gewichte und 4 Loth Schnur, zusammen 68 Loth; wozu ich auf die Seite des niedergehenden Gewichtes wegen der Reibung 1 Loth zugelegt hatte.*“

Schober stellte mit jedem Übergewicht zwei Versuche an. Um jeden noch doppelt ausnutzen zu können, machte er auf die Schnur, 54 Fufs vom Anfang entfernt, einen roten Flecken. Er beobachtete dann die Zeit, welche nötig ist, damit sich die Gewichte bei einem bestimmten Übergewicht um 54 und 216 Fufs bewegten und erhielt folgende Resultate.

n	t_1	t_2	t_r	t'_1	t'_2	t'_r
1/2	31	30	31	68	70	63
1	23	22	22	48	49	44
1 1/2	18	19	19	38	39	36
2	15	16	16	34	34	31
2 1/2	14	14	14	30	31	28
3	13	12	12	27	28	25

n ist das Übergewicht in Loth,
t_1 und t_2 die bei 54 Fufs,
t'_1 und t'_2 die bei 216 Fufs beobachteten Zeiten in Sekunden,
t_r und t'_r die aus der Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s(2m+n)}{n \cdot g}}$$

berechneten Zeiten.

[2]) Nach: Kästner, Anfangsgründe der höheren Mechanik. 1766.

Da die Schnur, trotzdem sie geflochten war, sich unten verwickelte, so legte Schober unten im Schacht durch dieselbe einen glatt gehobelten Stab. Dadurch sind wahrscheinlich, wie er meint, die Abweichungen bei der grofsen Fallstrecke zu erklären, obgleich er auch die Möglichkeit erwähnt, dafs durch die schnellere Bewegung der Widerstand der Luft eine gröfsere Einwirkung erlangt.

Darauf stellt Schober Versuche an, um die für ungleicharmige Hebel entwickelte Formel zu prüfen. Bei diesen Versuchen legte ein bestimmtes Gewicht mit Hülfe einer, einem Flaschenzug ähnlichen Vorrichtung, einen viermal so grofsen Weg zurück, wie ein anderes viermal so schweres. Auch diese Versuche bestätigen ihm seine Formel. Da die Fallmaschinen derartige Versuche nicht ermöglichen, sollen sie nicht weiter beschrieben werden.

Die Reibung ermittelte Schober experimentell: Er sah sie für eine constant wirkende Kraft an, ähnlich der Schwere, welche also durch ein vorher zu bestimmendes Gewicht überwunden werden konnte: Er berechnete sich nach seiner oben gegebenen Formel für ein bestimmtes Übergewicht die Zeit, welche für eine gewisse Fallstrecke nötig sei, und legte dann auf das sinkende Gewicht noch so viel auf, bis die Beobachtung die berechnete Zeit ergab. Das was mehr aufgelegt war, als das in Rechnung gezogene Übergewicht, betrachtete er als zur Überwindung der Reibung nötig.

Sieht man von der Vorrichtung zum Abheben des Übergewichtes ab, so erkennt man aus den eben beschriebenen Versuchen Schobers, dafs der soviel im Unterricht benutzte Apparat zur Demonstration der Fallgesetze eine deutsche Erfindung ist.

Die graphische Darstellung der Bewegung auf schiefer Ebene mit Reibung.

Von

Herm. Wilda in Bremen.

Die Bewegung auf schiefer Ebene mit Reibung läfst sich in sehr einfacher Weise graphisch veranschaulichen und diese Darstellung ergiebt eine sehr klare Übersicht der in Betracht kommenden Bewegungsvorgänge.

1. Befindet sich (Fig. 1) auf einer unter dem $\measuredangle \alpha$ geneigten schiefen Ebene ein Massenpunkt m vom Gewicht G, so bleibt m so lange im Ruhezustande, als $\measuredangle \alpha < \measuredangle \varphi$, wenn φ die Grösse des Reibungswinkels darstellt. Hat der Massenpunkt m das Bestreben, sich unter dem Einfluss einer unter dem Winkel β geneigten Kraft P die schiefe Ebene hinaufzubewegen, so bildet die Reaktion R der schiefen Ebene auf m mit der Senkrechten Nm zu AB einen Winkel $y\,m\,N = \measuredangle \varphi$, ebenso sei $\measuredangle N m x = \measuredangle \varphi$. Das Massenteilchen m steht dann unter dem Einflufs der Kräfte G, R und P und für den Gleichgewichtszustand gilt bekanntermafsen:

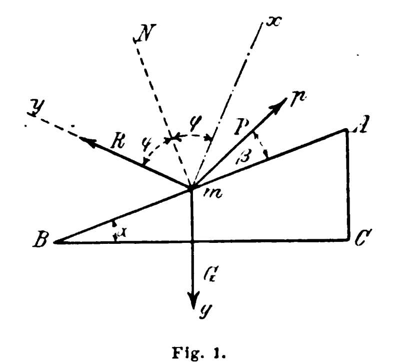


Fig. 1.

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin y\,m\,g}{\sin y\,m\,p} = \frac{\sin (180 - (\alpha + \varphi))}{\sin (90 - (\beta - \varphi))}$$

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin (\alpha + \varphi)}{\cos (\beta - \varphi)}.$$

Für die aufwärts gerichtete Bewegung gilt demnach:

$$P \cos (\beta - \varphi) = G \sin (\alpha + \varphi). \quad \ldots \quad (1)$$

2. Für die abwärts gerichtete Bewegung des Massenteilchens m gilt (Fig. 2)

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin y\,m\,g}{\sin y\,m\,p} \quad \text{oder da } \measuredangle\, y\,m\,g = 180 + (\alpha - \varphi) \text{ und } y\,m\,p = -[90 - (\alpha + \varphi)]$$

$$\frac{P}{G} = \frac{-\sin (\alpha - \varphi)}{-\cos (\beta + \varphi)} = \frac{\sin (\alpha - \varphi)}{\cos (\beta + \varphi)}.$$

Mithin:

$$P\cos(\beta+\varphi) = G\sin(\alpha-\varphi). \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

3. Durch Kombinierung der Gleichungen (1) und (2) folgt also, wie bekannt:

$$P\cos(\beta\mp\varphi) = G\sin(\alpha\pm\varphi). \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

4. Für ein und dieselbe schiefe Ebene und dasselbe Massenteilchen m sind in Gleichung (3) P und $\measuredangle\beta$ die einzigen Variabeln, wenn man Gleichung (3) als die Polargleichung einer Geraden auffafst, in der P und $\measuredangle\beta$ die Polarkoordinaten sind, m den Pol und mA den Anfang der Koordinaten darstellt. $G\sin(\alpha\pm\varphi)$ ist demnach die Länge der Senkrechten, die von m auf die durch Gleichung (3) dargestellten Geraden gefällt ist, und $\measuredangle\varphi$ die Neigung dieser Senkrechten gegen mA.

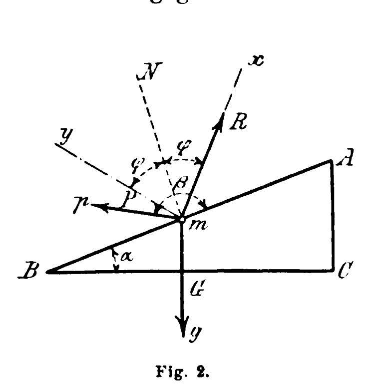


Fig. 2.

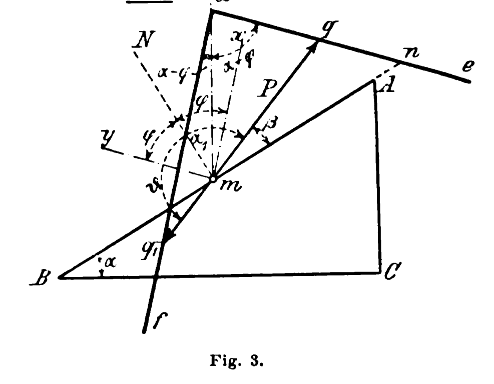


Fig. 3.

5. Stellt md in einem passenden Mafsstab die Gröfse des Gewichts G dar (Abb. 3) und ist $md \perp BC$, so ziehe man: $df \parallel mx$, $de \parallel my$. df und de stellen dann die Geraden dar, welche der Gleichung (3) genügen.

Wählt man nun auf de irgend einen Punkt q, zieht mq und bezeichnet $\measuredangle Amq$ mit β, so folgt:

$$\measuredangle mdq = \measuredangle(\alpha+\varphi)$$
$$\measuredangle dmq = 90-(\beta+\alpha)$$
$$\measuredangle mqd = 90+(\beta-\varphi).$$

Nach dem Sinussatz folgt aus Δmqd:

$$\frac{mq}{md} = \frac{\sin mdq}{\sin mqd} = \frac{\sin(\alpha+\varphi)}{\cos(\beta-\varphi)} = \frac{P}{G},$$

nach Gleichung (3) ist:

$$md = G,\ mq = P.$$

Es wird also durch die Länge mq die Gröfse der Kraft dargestellt, die den Massenpunkt m vom Gewicht G die schiefe Ebene gerade hinaufzuziehen bestrebt ist, wobei mq in demselben Mafsstab wie G zu messen ist.

6. Die drei in Betracht kommenden Fälle sind:

a) $\measuredangle\alpha < \measuredangle\varphi$; b) $\measuredangle\alpha = \measuredangle\varphi$; c) $\measuredangle\alpha > \measuredangle\varphi$.

a) $\measuredangle\alpha < \measuredangle\varphi$ (Fig. 3).

Zieht man durch m eine Strecke q_1mq, deren Endpunkte q und q_1 auf de und df liegen, so wird durch mq_1 diejenige Kraft gemessen, welche das Massenteilchen m die schiefe Ebene hinabzuziehen im Begriff ist, während mq die die schiefe Ebene hinaufziehende Kraft darstellt. Hat demnach die in m angreifende Kraft P eine zwischen mq und mq_1 liegende Gröfse, so befindet sich das Massenteilchen im Gleichgewicht.

b) $\measuredangle\alpha = \measuredangle\varphi$. (Fig. 4.) Da sich m gerade im Gleichgewicht befindet, fällt df mit md zusammen.

Zieht man daher mq unter dem Winkel β, so stellt mq nach Gröfse und Richtung diejenige Kraft dar, die gerade im Begriffe steht, das Massenteilchen die schiefe Ebene hinauf-

zuziehen, es befindet sich demnach im Gleichgewicht, wenn die unter $\measuredangle \beta$ wirkende Kraft P zwischen o und mq liegt.

c) $\measuredangle \alpha > \measuredangle \varphi$ (Fig. 5).

In diesem Fall kann sich das Massenteilchen m ohne Hinzufügung einer besonderen Kraft nicht im Gleichgewicht befinden, und dies zeigt sich in Abb. 5, indem df auf die rechte Seite von md fällt.

Zieht man wieder eine Strecke mq_1q unter dem Winkel β, so stellt mq_1 die kleinste Kraft in dieser Richtung dar, die das Massenteilchen im Ruhezustande hält, während mq die Kraftgröfse angiebt, welche gerade noch genügt, eine aufwärts gerichtete Bewegung zu veranlassen. Liegt die Kraft zwischen den Grenzen mq nnd mq_1, so ist Gleichgewicht vorhanden.

7. Die kleinste Kraft, welche eine Bewegung aufwärts oder abwärts hervorzubringen im stande ist, wird durch die kleinste Strecke gemessen, die sich von m nach de oder df ziehen lässt, folglich durch die von m auf de oder df gefällten Senkrechten.

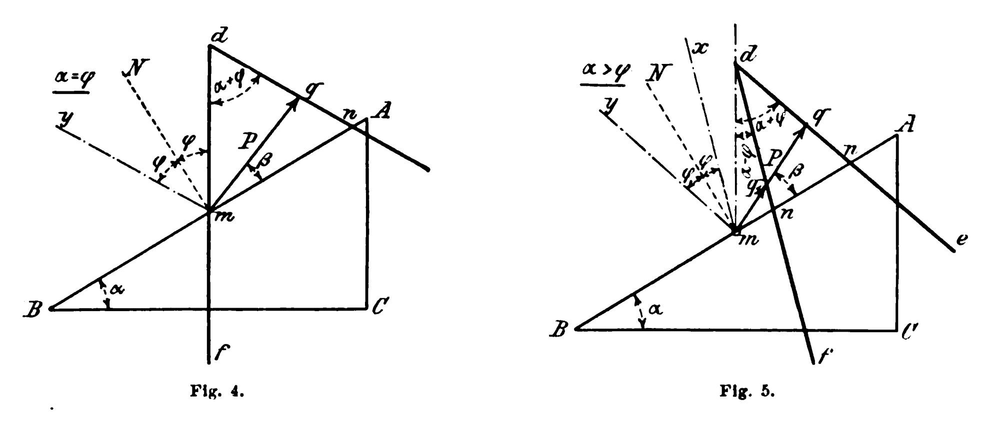


Fig. 4. Fig. 5.

Aus den Abb. 3, 4, 5 geht hervor, dafs die Gröfse dieser Senkrechten durch $G \sin(\alpha \pm \varphi)$ gegeben ist, und dass ihre Neigung gegen AB die Gröfse φ besitzt.

Hieraus folgt das bekannte Resultat, dafs der günstigste Zugwinkel auf einer schiefen Ebene der Reibungswinkel ist.

8. Wirkt eine Kraft P parallel zur Basis auf das Massenteilchen, die gerade dasselbe in Bewegung zu setzen vermag, so folgt deren Gröfse aus den Abb. 3, 4, 5 zu $G \operatorname{tg}(\alpha \pm \varphi)$ je nach der Bewegungsrichtung.

Wirkt endlich

9. die Kraft P parallel zur schiefen Ebene, so ist die nach oben auf Bewegung wirkende Kraft mn, die nach unten zur Geltung kommende mn_1.

Da:

$$\measuredangle mnd = 90 - \varphi = mn_1d,$$

so ist:

$$\frac{mn}{md} = \frac{\sin mdn}{\sin mnd} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi},$$

folglich:

$$mn = G \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}$$

und analog:

$$mn_1 = G \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}.$$

Mithin sind dn und dn_1 einander gleich.

Zur Theorie des Foucaultschen Pendels.

Von

Dr. **A. Schmidt** in Friedenau.

I.

Die Unzulänglichkeit der verbreiteten Art der Herleitung für die Formel des Foucaultschen Pendels $\beta = \alpha \sin \varphi$ ist kürzlich von Rehdans nachgewiesen worden (s. diese Zeitschrift *XIII 111*). Man darf bei der Ableitung auf die angebliche Parallelität der Schwingungsebene oder -tangente gar nicht eingehen, sonst kann man die Geltung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ nur für unendlich kurze Zeit nachweisen. Man kann diese Geltung auch nicht durch Integration auf beliebige Zeiten ausdehnen, weil man über den Fehler, den man dabei begeht, gar kein Urteil gewinnt.

Vahlen (s. diese Zeitschrift *XII 110*) hat eine bessere und sehr einfache Methode gezeigt, deren Kern der Gedanke ist, das Pendel statt auf dem Parallelkreis von A nach B auf einem gröfsten Kreis oder Stücken von solchen Kreisen zu bewegen.

Dabei gilt der Satz, dafs der Winkel, den die Schwingungstangente des Pendels mit einem gröfsten Kreis bildet, sich nicht ändert, wenn man es auf ihm entlang führt. Wenn die Schwingungsebene mit der des gröfsten Kreises zusammenfällt und wenn beide auf einander senkrecht stehen, so ergiebt er sich durch Anschauung, kann also als Grundsatz behandelt werden. Wenn sie beide beliebig gegeneinander geneigt sind, so kann man den Satz für diese Lage ganz streng aus diesen beiden einfachsten Fällen herleiten.

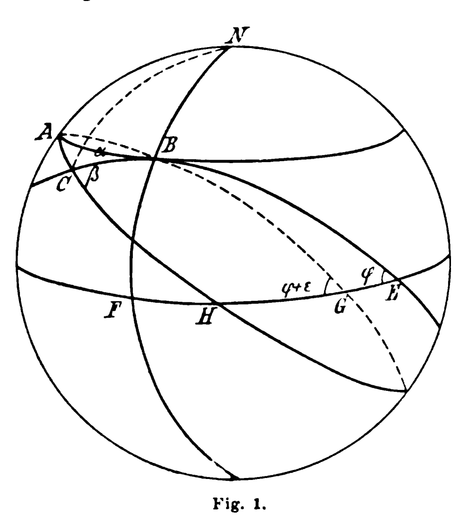


Fig. 1.

Vahlen benutzt in seiner Arbeit das Dreieck ABN (Fig. 1), teilt es durch die Halbirungslinie des Winkels bei N in zwei rechtwinklige und erhält daraus (er setzt $AN = 90^0 - b$, $\measuredangle ANB = dt$; γ ist der Winkel zwischen dem Parallel- und gröfsten Kreis AB)

$$\operatorname{tg} \gamma = \sin b \operatorname{tg} \frac{dt}{2},$$

folglich wegen der Kleinheit der Winkel $2\gamma = dt \sin b$. Dazu liefert ihm das als eben betrachtete Dreieck ACB (der gröfste Kreis AC steht senkrecht zur Schwingungstangente, die mit AN den Winkel α, mit BN den Winkel β bildet; BC senkrecht auf AC. Die Buchstaben α und β in der Figur hängen hiermit nicht zusammen.) die Gleichung $90 - \beta + 2\gamma + \alpha = 90$, also $2\gamma = \beta - \alpha$ und darum

$$\beta - \alpha = dt \sin b.$$

Nimmt man den oben angegebenen Satz zu Hülfe, dafs der Winkel zwischen der Schwingungstangente und dem gröfsten Kreis sich bei einer Bewegung des Pendels auf diesem entlang nicht ändert, so kann man es von A nach B auf dem in der Figur gestrichelten gröfsten Kreis führen und erhält mit Hülfe des Cosinussatzes aus dem Dreieck BFG (dabei sei der Kreis FGE der Äquator und die Bezeichnung: $BF = \varphi$, $\measuredangle ANB = \alpha$, also $FG = R - \frac{\alpha}{2}$, $\measuredangle ABC = \gamma$. $\measuredangle BGF$ sei $\varphi + \varepsilon$, CBE ist der gröfste Kreis, der in B den Parallelkreis berührt):

$$\sin \gamma = \sin \frac{\alpha}{2} \sin (\varphi + \varepsilon).$$

Daraus folgt für kleine Werte von α wieder $2\gamma = \alpha \sin \varphi$, wo nun direct 2γ die Richtungsänderung des Pendels gegen den Meridian ist.



Ebenso kommt man einfach zum Ziel, wenn man das Pendel auf den beiden gröfsten Kreisen entlang führt, die in A und B den Parallelkreis berühren. Dann ist die Richtungsänderung gleich dem Winkel β, den diese beiden gröfsten Kreise mit einander bilden (ACB in der Figur, wobei aber der gröfste Kreis AC jetzt in anderer Lage aufgefafst wird, als es vorhin geschehen ist). Hierfür liefert das Dreieck NBC, in dem $\measuredangle CNB = \frac{\alpha}{2}$, $\measuredangle NBC = R$, $\measuredangle NCB = R - \frac{\beta}{2}$, $BN = R - \varphi$ ist:

$$\cos R - \frac{\beta}{2} = \sin\frac{\alpha}{2} \cos R - \varphi \text{ oder } \sin\frac{\beta}{2} = \sin\frac{\alpha}{2} \sin\varphi$$

folglich für unendlich kleine Werte von α:

$$\beta = \alpha \sin\varphi.$$

(Ähnlich liefert $\triangle CEH$ $\cos\beta = \cos^2\varphi + \sin^2\varphi \cos\alpha$ u. s. w.)

Hierbei darf man auch durch Integration zu endlichen Werten fortschreiten, denn jetzt kommt man nach unendlich kurzer Zeit zu der Lage, die das Pendel wirklich hat; bei der Voraussetzung der Parallelität der Schwingungstangente oder -ebene ist man aber nach unendlich kurzer Zeit der wirklichen Lage nur unendlich nahe und hat kein Urteil darüber, ob die Summe dieser unendlich vielen unendlich kleinen Fehler endlich grofs ist, oder nicht.

II.

Will man endlich bei Gelegenheit des Foucaultschen Pendels auf die Coriolissche Kraft[1]) eingehen, so kann man folgendermafsen verfahren (Fig. 2).

Wenn eine Scheibe, in der ein rechtwinkliges Coordinatensystem gezogen ist, um das auf ihr im Anfangspunkt O dieses Systems errichtete Lot mit der Winkelgeschwindigkeit ϑ rotiert, und wenn eine Kraft von gegebener Richtung und Gröfse einen Körper mit der Geschwindigkeit v von P nach Q zu bringen strebt, so sind Zusatzkräfte erforderlich, um den Körper in der vorgeschriebenen Bahn zu halten. Während er von P nach Q sich bewegt, dreht sich seine Bahn mit der Scheibe, so dafs sein Weg im absoluten Raum von P nach Q_1 geht. Dann ist erstens eine Centripetalbeschleunigung erforderlich, die ihn in der Zeit t von P' nach P_1 bringt ($\measuredangle OPP' = R$, $OP = OP_1 = \varrho$). Nun ist $OP' = \frac{\varrho}{\cos\vartheta t}$, also $P_1P' =$

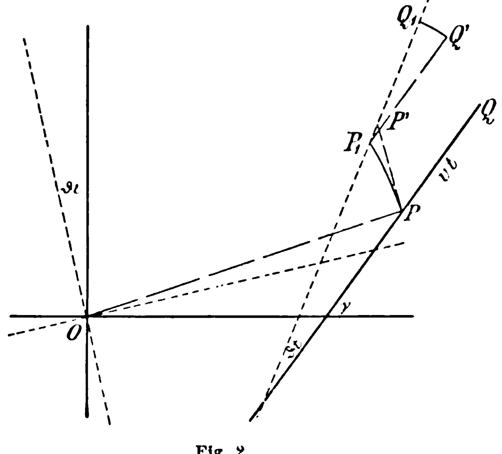


Fig. 2.

$$\frac{\varrho}{\cos\vartheta t} - \varrho = \frac{2\varrho\sin^2\frac{\vartheta t}{2}}{\cos\vartheta t},$$ und für kleine Werte von t

$$P_1P' = \tfrac{1}{2}\varrho\,\vartheta^2 t^2.$$

Folglich ist die Centripetalbeschleunigung $\varrho\,\vartheta^2$ (nach der Formel $s = \tfrac{1}{2} g\,t^2$).

Die treibende Kraft brächte ihn nun von P_1 nach Q' ($P_1Q' = vt$), es mufs ihn darum eine zweite Zusatzkraft von Q' nach Q_1 bringen. Dieser Weg ist $vt\,\vartheta t$ (Kreisradius vt, Centriwinkel ϑt), und die erforderliche Beschleunigung darum $2v\vartheta$.

Diese beiden Resultate $\varrho\,\vartheta^2$ und $2v\vartheta$ geben die Sätze:

1. Bei der Rotation mufs die Centripetalbeschleunigung $\varrho\,\vartheta^2$ den Körper dem Mittelpunkt zuführen, wenn er im Kreise bleiben soll, oder: er entfernt sich mit der Centrifugalbeschleunigung $\varrho\,\vartheta^2$ vom Mittelpunkt.

[1]) Vgl. M. Koppe, Die Coriolissche Kraft, d. Zeitschr. X, 16.



2. Bei der Rotation mufs ihn die Beschleunigung $2 v \vartheta$ senkrecht zu seiner Bahn im Sinne der Rotation vorwärts bringen, wenn er seine Bahn inne halten soll, oder: er bleibt mit der Beschleunigung $2 v \vartheta$ senkrecht zu seiner Bahn gegen die Richtung der Rotation zurück.

Diese Beschleunigung aber stammt von der Coriolisschen Kraft.

Dabei ist es gleichgültig, ob v constant oder veränderlich ist. Im letzteren Fall ändert sich die Coriolissche Beschleunigung mit v, im anderen ist sie constant.

Findet die Bewegung nicht auf einer Scheibe, sondern auf einer Kugel (Erde) in der Breite φ statt, so kommt von v nur die in die Ebene des Parallelkreises fallende Componente in Betracht. In Fig. 3 sei H die Horizontalebene des Ortes O, P die des Parallelkreises. Statt $v = OA$ kommt $v' = OB = v\sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi}$ in Betracht. Die Coriolissche Beschleunigung liegt in der Richtung OF, ihre in die Horizontalebene fallende Componente sei OD. Die Figur lehrt, dafs, wenn $OF = v'$ gesetzt wird, $OD = v \sin \varphi$ ist. Ist nun $OF = 2 v' \vartheta$, so ist $OD = 2 v \vartheta \sin \varphi$. Ferner lehrt das Dreieck ODE, dafs $\triangle DOE = \varepsilon$, darum $DO \perp AO$ ist. D. h.: Bewegt sich ein Punkt auf der Erde in der Breite φ mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel ε gegen den Meridian, so bewirkt die Coriolissche Beschleunigung $2 v \vartheta \sin \varphi$ eine Drehung der Bahn des Punktes.

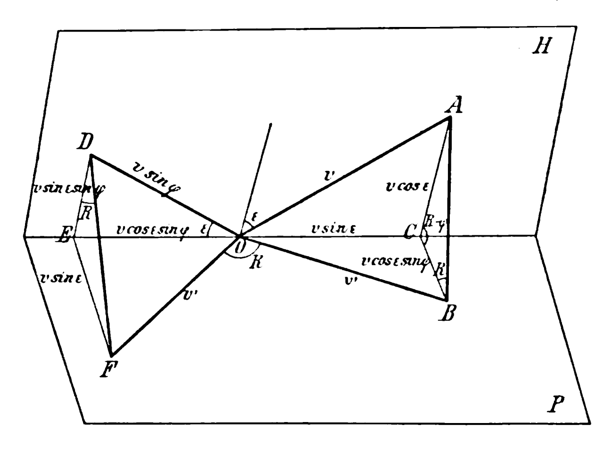


Fig. 3.

III.

Für die Kenntnis der Bahn des bewegten Körpers hat man dann zunächst folgende analytische Herleitung:

Bei allen Bewegungen, bei denen v constant ist und deren Richtung mit der Abscissenachse den Winkel γ bildet, sind die Componenten der Geschwindigkeit

1. $$dx = v \cos \gamma \, dt \quad \text{und} \quad dy = v \sin \gamma \, dt.$$

Die Coriolissche Kraft liefert die Componenten der Beschleunigung

2. $$d^2x = -2 v \vartheta \sin \varphi \sin \gamma \, dt^2 \quad \text{und} \quad d^2y = 2 v \vartheta \sin \varphi \cos \gamma \, dt^2$$

(dabei ist d^2x negativ, weil diese Kraft den Körper zurücktreibt).

Dagegen sind die aus der Coriolisschen Kraft stammenden Geschwindigkeitscomponenten mit t unendlich klein gegen die aus v stammenden und darum zu vernachlässigen. Folglich kann gesetzt werden

3. $$\frac{d^2x}{dt^2} = -2 \vartheta \sin \varphi \frac{dy}{dt} \quad \text{und} \quad \frac{d^2y}{dt^2} = 2 \vartheta \sin \varphi \frac{dx}{dt}.$$

Durch Multiplikation mit $2\frac{dx}{dt}$ und $2\frac{dy}{dt}$ und Integration findet man daraus

4. $$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \text{const.}$$ [2])

Die Geschwindigkeit des Körpers bleibt unverändert v.

[2]) Diese analytische Herleitung kann auch in gewissem Mafse Schülern klar gemacht werden, indem man die Bezeichnung $\frac{dx}{dt}$ durch $X = \lim\limits_{t_1 = t_2} \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$ durch $\lim\limits_{t_1 = t_2} \frac{X_1 - X_2}{t_1 - t_2}$ ersetzt.

Weiter ergiebt sich durch Integration

$$\frac{dx}{dt} = -2\vartheta \sin\varphi\, y + p \qquad \frac{dy}{dt} = 2\vartheta \sin\varphi\, x + q,$$

also

$$5. \qquad \left(x + \frac{q}{2\vartheta \sin\varphi}\right)^2 + \left(y - \frac{p}{2\vartheta \sin\varphi}\right)^2 = \frac{v^2}{4\vartheta^2 \sin^2\varphi},$$

d. h. der Körper bewegt sich auf einem Kreis mit dem Radius $\frac{v}{2\vartheta \sin\varphi}$ um den Mittelpunkt, dessen Coordinaten $x_0 = -\frac{q}{2\vartheta \sin\varphi}$, $y_0 = \frac{p}{2\vartheta \sin\varphi}$ sind. Dabei sind p und q die Componenten von v im Anfangspunkte des Systems.

Für die Richtungsänderung der Bahn erhält man, wenn man $\frac{dx}{dt} = v \cos\gamma$ nach γ differenziert und das Resultat mit 2. vergleicht (und dabei beachtet, dafs $\frac{dv}{dt} = 0$ ist):

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -v \sin\gamma \frac{d\gamma}{dt} = -2v\vartheta \sin\varphi \sin\gamma, \text{ also}$$

$$6. \qquad \frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin\varphi.$$

Um die Drehung $\frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin\varphi$ zu veranschaulichen, diene die Fig. 4. Die Bahn des Körpers ist ABC, $AB = BC = v dt$, $CD = v\vartheta \sin\varphi\, dt^2$, $\measuredangle CBD = d\gamma$. Die Componenten de Geschwindigkeit sind $BF = v dt \cos(\gamma + d\gamma)$ und $BE = v dt \cos\gamma$, also ist die der Beschleunigung $EF = v \sin\gamma\; dt . d\gamma$. Das gilt alles für die Zeit dt; die Werte für die Zeit 1 erhält man daraus, indem man beachtet, dafs statt der in dt verlaufenden Änderung $d\gamma$ dann $\frac{d\gamma}{dt}$ zu setzen, und dafs der von der Zeit herrührende Factor dt in $v dt$ gleich 1 zu nehmen ist.

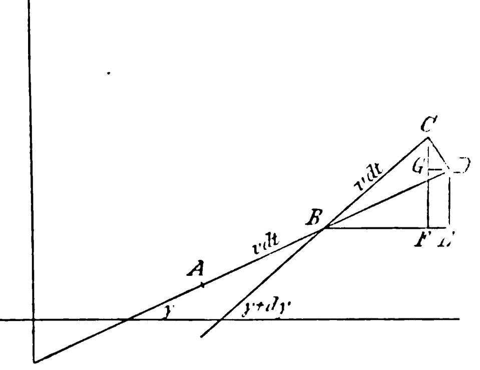


Fig. 4.

$EF = v \sin\gamma \frac{d\gamma}{dt}$. Da aber die ganze Beschleunigung $2v\vartheta \sin\varphi$ ist, und ihre der x-Achse parallele Componente gleich $2v\vartheta \sin\varphi \sin\gamma$ ist, so folgt daraus $\frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin\varphi$.

IV.

Beim Pendel ist v freilich nicht constant; man kann aber, wenn man sich auf unendlich kleine Schwingungen beschränkt, die treibende Kraft dem Abstande r des Pendelkörpers von seiner Ruhelage proportional setzen (cf. Jochmann § 61). Dann ergeben sich zwei weitere Componenten der Beschleunigung $\lambda x = -\frac{g}{l} r \cos\gamma$ und $\lambda y = -\frac{g}{l} r \sin\gamma$, wo $\lambda = -\frac{g}{l}$ eine Constante, g die Erdbeschleunigung, l die Pendellänge, γ der Winkel zwischen der Schwingungsrichtung und der x-Achse ist.

Man hat also jetzt

$$\text{a)} \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = -2\vartheta \sin\varphi \frac{dy}{dt} + \lambda x$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 2\vartheta \sin\varphi \frac{dx}{dt} + \lambda y,$$

folglich

$$\text{b)} \qquad x\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2x}{dt^2} = \vartheta \sin\varphi \left(2x\frac{dx}{dt} + 2y\frac{dy}{dt}\right)$$

und durch Integration

c) $$x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = \vartheta \sin\varphi \,.\, r^2 + a.$$

Da hiermit r hereingekommen ist, so liegt es nahe, vollständig zu Polarcoordinaten überzugehen. Dann ist

$$x = r\cos\gamma,\; y = r\sin\gamma,\; \frac{dx}{dt} = \frac{dr}{dt}\cos\gamma - r\sin\gamma\frac{d\gamma}{dt},\; \frac{dy}{dt} = \frac{dr}{dt}\sin\gamma + r\cos\gamma\frac{d\gamma}{dt}.$$

d) $$x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = r^2\frac{d\gamma}{dt},$$

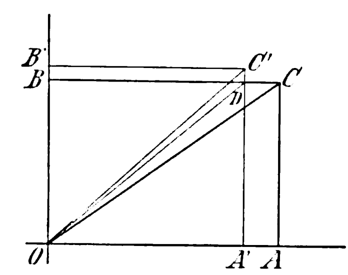


Fig. 5.

und darum

$$r^2\frac{d\gamma}{dt} = r^2\vartheta\sin\varphi + a.$$

Die Wahl $r = 0$ zeigt, dafs die Constante $a = 0$ ist, und daraus ergiebt sich endlich

$$\frac{d\gamma}{dt} = \vartheta\sin\varphi,$$

die Gleichung, die sonst in der Form auftrat $\beta = \alpha\sin\varphi$[3]).

Man kann schliefslich die Gleichung $x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = r^2\frac{d\gamma}{dt}$ auch aus der Fig. 5 herleiten.

$$x\,dy = BB'C'D = 2\Delta OC'D \qquad y(-dx) = AA'DC = \Delta OCD$$

$x\,dy - y\,dx = \Delta OCC' = r^2 d\gamma$, wobei die Änderung $r\,dr\,d\gamma$ gegen das andere unendlich klein ist.

Der erste Unterricht im chemischen Laboratorium.

Von

Dr. **E. Löwenhardt** in Halle a. S.

Ziele und Methode des praktischen Unterrichts im chemischen Laboratium behandelte Dr. F. Dannemanns Aufsatz „Über die Bedeutung, Einrichtung und Leitung praktischer Übungen im Laboratorium“ (*Lehrproben u. Lehrgänge 1893. S. 88; vgl. d. Zeitschr. VIII 325*) in umfassendster Weise, so dafs jeder, der diesen Unterricht zu erteilen hat, nur mit grösstem Vorteil sich die hier gebotenen Anregungen und Fingerzeige zu nutze machen wird. Verf., welcher den Inhalt genannter Abhandlung Wort für Wort unterschreibt, möchte in Anknüpfung an die Bemerkung (a. a. O. S. 90), dafs gewisse Verrichtungen gleichzeitig mehreren Schülern in Gestalt einleitender Schritte gezeigt werden können, zur praktischen Ausführung derselben einen Beitrag liefern, dem die Thatsache zu Grunde liegt, dafs die in das Laboratorium eintretenden Schüler mit verschwindenden Ausnahmen zwar sehr viel Lust, aber verhältnismäfsig wenig Geschick mitbringen. Es versteht sich daher von selbst, dafs dieselben in der elementarsten Weise mit der Handhabung der einzelnen Geräte und der genauen Beobachtung auch der einfachsten Regeln vertraut gemacht werden müssen. Das geschieht am besten durch eine einleitende gemeinsame Unterweisung. Der Lehrer wird zwar dadurch nicht der fortdauernden Beaufsichtigung der Praktikanten auch nach dieser Seite hin überhoben, spart aber doch sich und den Schülern sehr viel Zeit. Vor allem aber wird auf diese Weise die Aufmerksamkeit der Schüler nicht durch die chemischen Reaktionen von den an sich nicht gerade interessanten Äufserlichkeiten des Arbeitens abgelenkt, wenn man letztere zum Gegenstand eines besonderen einleitenden Lehrgangs macht. Neben der

[3]) Auch hier lassen sich die Gleichungen a) und b) ohne weiteres in elementarer Form darstellen, und hieraus mit einigen Umformungen c) herleiten.



rein mechanischen Seite der Arbeit sollen für diesen besonders auch die erziehlich allgemein wichtigen Gesichtspunkte (Sauberkeit, Ordnung, Sparsamkeit u. s. w.) mafsgend sein. — So werde ich also kurz darlegen (ohne auf die gesamte „Praxis des chemischen Schullaboratoriums“[1]) einzugehen), in welcher Weise ich bisher die Oberrealschulprimaner an dem ersten Nachmittag im chemischen Laboratorium beschäftigt habe. Es handelt sich hier wesentlich um all die kleinen Handgriffe, welche der Student im Universitätslaboratorium als selbstverständlich sich sofort aneignet, die aber hier ausführlich behandelt werden, weil man erfahrungsgemäfs für das Alter, in welchem der Schüler das Laboratorium betritt, durchschnittlich nicht wenig genug voraussetzen darf und weil man stets ausdrücklich verlangen mufs, dafs der Schüler sich von Anfang an klar wird, warum auch diese einfachsten Dinge so und nicht anders ausgeführt werden.

Die Ausrüstung eines jeden Arbeitsplatzes enthält folgende Gegenstände: ein Reagensglasgestell mit 8—10 Reagensgläsern, ein Kochfläschchen von 200 oder 250 ccm Inhalt, eine Literflasche, die später als Spritzflasche benutzt wird, einen Satz von drei Bechergläsern mittlerer Gröfse, einen Glasstab, zwei Porzellanschälchen, einen kleinen Porzellantiegel, zwei Trichter, einen Bunsenbrenner mit Luftregulierung und Lötrohreinsatz, ein Lötrohr mit Hornmundstück, einen Dreifufs, ein Drahtnetz, ein Drahtdreieck, eine Tiegelzange, ein Platinblech, einen Platindraht in Glasgriff, ein Stück Kobaltglas und eine Cylinderbürste zur Reinigung der Reagensgläser. — Nach Durchsicht und Benennung dieser aus dem früheren Unterricht schon bekannten Gegenstände wird

1. der Brenner mittels des Schlauches an der Gasleitung befestigt und das Gas entzündet. Das Streichholz wird nicht auf die Erde geworfen, sondern auf den Tisch gelegt, von wo es nach beendeter Arbeit beim Reinigen des Arbeitsplatzes entfernt wird. Dann wird darauf aufmerksam gemacht, dafs die Gasflamme schon aus ökonomischen Gründen im allgemeinen nicht höher als 5—6 cm brennen darf. Braucht man dieselbe nur in gröfseren Pausen, so bringt man sie zum Leuchten und dreht sie dann ganz klein, um kein Gas zu verschwenden und doch das wiederholte Anzünden zu vermeiden. Mittels des Platindrahtes oder eines Streichholzes überzeugt sich jeder, dafs im Kern der Flamme keine Verbrennung stattfindet, dafs es also zwecklos ist, zu erhitzende Gegenstände in denselben zu bringen. (Dafs und weshalb letzteres vor allem bei einem Platintiegel zu vermeiden ist, mufs natürlich jedem Schüler bei der ersten Benutzung eines solchen eingeschärft werden.) Ferner wird der Unterschied und die Verwendung der leuchtenden und nicht leuchtenden Flamme, das Zurückschlagen der Flamme und die Vermeidung desselben erörtert. Besonders ist darauf aufmerksam zu machen, dafs man das Zurückschlagen an dem unangenehmen (Acetylen-) Geruch erkennt und dafs stets das Gas erst völlig abgedreht werden mufs, ehe man von neuem anzündet. — Alle Manipulationen werden zuerst von dem Lehrer und dann von den Schülern ausgeführt.

2. Schmelzen und Biegen von Glas. Nun schneiden die Schüler mittels der Feile aus einem Glasrohr von entsprechender Weite Stücke von etwa 12 cm Länge und machen aus jedem derselben durch Ausziehen in der nicht leuchtenden Gasflamme je zwei Röhrchen für spätere Versuche. Dieselben sind nicht rund sondern spitz zuzuschmelzen, weil ein rund zugeschmolzenes Ende leicht zu dickwandig ist und beim Erhitzen oder auch schon beim Abkühlen springt. — Dann werden 2 Glasröhren von bestimmter Länge geschnitten, um aus ihnen nach gegebenen Mustern die beiden Röhren für die Spritzflasche herzustellen. Zu dem Zweck wird zuerst das längere Stück an einem Ende zu einer kurzen Spitze mit feiner Öffnung ausgezogen und darauf werden beide Röhren in entsprechenden Winkeln (etwa 60° und 120°) gebogen. Das Biegen erfolgt bekanntlich innerhalb der Flamme (und zwar am besten eines breiten Spaltbrenners), nachdem das Glas stark erweicht ist, damit die Biegung elegant wird, d. h. keine Verengung aufweist. Zum Schlufs werden die Ränder der Röhren glatt geschmolzen, indem man sie schräg nach unten (warum?) in die Flamme hält.

---

[1]) Vergl. Brasack, Programm, Aschersleben 1892.

Während diese Operationen von einem Teil der Praktikanten ausgeführt werden, haben die anderen für die bereit stehenden Literflaschen passende — d. h. zunächst etwas zu weite — Korke auszusuchen, in der Korkpresse weich zu pressen und mit den nötigen Durchbohrungen zu versehen. Zu dem Zweck wählt man diejenige Nummer des Korkbohrers, die etwas enger ist als die einzuziehende Glasröhre. Die Löcher sind mit einer runden Feile nachzufeilen und auf die passende Weite zu bringen. Das Einschieben der Glasröhren in die Korke erfordert richtige Handhabung, damit erstere nicht zerbrechen und die Hand verletzen, denn die Röhren dürfen sich ja nicht leicht verschieben lassen, sondern müssen möglichst luftdicht sitzen. Aus praktischen und ästhetischen Gründen müssen sich schliefslich die Biegungen der beiden Röhren in gleicher Höhe befinden, damit die schrägen Schenkel gleiche Richtung haben. Notwendig ist es, darauf aufmerksam zu machen, dafs das Steigrohr nicht zu tief hinabreicht, weil sonst unfehlbar der Boden der Flasche durchstofsen wird. Schliefslich werden dann die fertig gestellten Spritzflaschen mit destilliertem Wasser versehen und aus denselben in doppelter Weise Reagensgläser etwa zu $^1/_3$ mit Wasser gefüllt. — Ist man in der Lage, den neu eintretenden Praktikanten schon völlig armierte Spritzflaschen zu übergeben, so wird man sich auf einige Anweisungen für ihren Gebrauch beschränken können. (Es versteht sich wohl von selbst, dafs man vorher für vollkommene Reinigung der gebrauchten Mundstücke ebenso Sorge zu tragen hat, wie für diejenige schon früher gebrauchter Lötröhre bezw. ihrer Mundstücke.) Meist aber werden wohl abgenutzte Korke und unpassende Röhren ersetzt werden müssen, sodafs es auch in diesem Falle zweckmäfsig ist, diese instruktiven Operationen von sämtlichen Schülern ausführen zu lassen: es soll ja doch dieser Unterricht zugleich eine Art Handfertigkeitsunterricht sein. Geht dem chemischen Unterricht in der Prima ein physikalisches Praktikum, etwa in Obersekunda, vorauf, so braucht man natürlich auf manches, was dort ausführlich behandelt wurde, nur wenig Zeit zu verwenden.

3. Lösen eines Salzes; Kochen im Reagensglase. Nun wird den Schülern gezeigt, wo und in welcher Ordnung die Pulvergläser mit den festen Reagenzien aufgestellt sind. (Im hiesigen Laboratorium ist jedes Fach an seiner Vorderkante mit einem Streifen bunten Glanzpapieres beklebt, die hinein gehörenden Gläser tragen unter ihren Etiquetten Streifen von derselben Farbe; aufserdem befindet sich an jedem Fach ein Porzellanschild mit dem Namen des Elements, dessen Verbindungen sich in demselben finden.) Jeder Schüler bringt alsdann mittels eines kleinen Hornlöffels oder eines Blättchens Papier eine Messerspitze eines gepulverten Salzes, z. B. salpetersaures Blei, in ein reines, trockenes Reagensglas und füllt das letztere etwa zu $^1/_3$ mit dest. Wasser. Die Lösung erfolgt allmählich unter leichtem Umschütteln. Man beschleunigt dieselbe, indem man das Glas mit Daumen und Zeigefinger, ebenfalls unter zeitweiligem leichtem Schütteln (damit die Wand über der Flüssigkeit sich nicht zu stark erhitzt) in die Gasflamme hält. Die Flüssigkeit darf nur bis zu gelindem Kochen kommen, aber nicht stark aufwallen, da ja die Temperatur den Siedepunkt doch nicht überschreitet, wohl aber die Gefahr des Überkochens eintritt. Beim Kochen wird das Glas vom Körper weg so gehalten, dafs etwa übergehende Flüssigkeit höchstens den Zeigefinger benetzen, nicht aber dem Experimentierenden in das Gesicht oder auf den Rock spritzen kann. Auch der Nachbar darf nicht gefährdet werden, was besonders bei beschränktem Raum zu beachten ist. Es wird ferner darauf aufmerksam gemacht, dafs man dem Glase auch das Gesicht nicht zu sehr nähern darf (wozu besonders Kurzsichtige neigen), damit Gesicht und Augen nicht gefährdet werden. Streng zu untersagen ist die Unsitte, das Reagensglas im Halter über das Gesicht gegen das Licht zu halten. (Es ist wohl selbstverständlich, dafs gesundheitliche Rücksichten stets streng zu beachten sind, vor allem beim Arbeiten mit Schwefelwasserstoff und Säuren). Überhaupt wird ein Reagensglashalter nur beim andauernden Kochen von hochsiedenden oder leichtschäumenden Flüssigkeiten benutzt. — Fliefst etwas von der kochenden Flüssigkeit — auch aus einer Kochflasche etc. — in den Brenner, so darf man sich nicht mit dem Wiederanzünden der Flamme begnügen, sondern man hat den Brenner sofort auseinander zu schrauben und aussen und innen



gründlich zu reinigen und zu trocknen (mit einem Lappen oder mit Filtrierpapier): er würde sonst bald verrosten und unbrauchbar werden. Sauberkeit ist die erste Bedingung für das Arbeiten im chemischen Laboratorium.

4. Herstellung eines Niederschlages; Filtrieren. Wir schreiten jetzt zur Herstellung einer Fällung und zum Abfiltrieren derselben. Die Schüler nehmen nach dem Beispiel des Lehrers die betreffende Reagensflasche (also zur Fällung von Blei etwa eine Lösung von kohlensaurem Natron) in die rechte Hand und entfernen mit der linken Hand den Glasstöpsel. Sitzt derselbe zu fest, so versucht man ihn durch Drehen zu lockern oder dadurch, dafs man mit dem Holzgriff einer Feile oder eines anderen leichten Instruments leicht gegen die Platte des Stöpsels schlägt. Hilft auch das nicht, oder hat der Stöpsel statt der flachen Platte einen aufrecht stehenden Griff, so hält man den Hals der Flasche unter Drehen kurze (warum?) Zeit über eine kleine Flamme. Manchmal kommt man sehr schnell zum Ziel, wenn man aus der Spritzflasche einige Tropfen Wasser zwischen Stopfen und Flaschenhals bringt und dann noch erwärmt. Man stellt dann den Stopfen umgekehrt auf den Tisch. Da man ihn niemals hinlegen darf (warum?) so ist man genötigt, einen Stopfen mit aufrechtem Griff, wie er bei älteren Formen noch vorkommt, mittels des Mittelfingers und vierten Fingers der rechten Hand so lange zu halten, bis die Flasche, welche man alsdann nur mit Daumen und Zeigefinger handhabt, wieder an ihren Platz gestellt wird. Das Reagensglas mit der zu fällenden Lösung erhebt man zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand so hoch, dafs der Inhalt bequem von der Seite zu erkennen ist und setzt das Fällungsmittel tropfenweise hinzu. Gewöhnlich ist zu diesem Zweck vorher ein Anfeuchten des Flaschenhalses mit dem Stopfen nötig in der bekannten Weise, wie es beim Eintropfen von Arznei in Wasser etc. geschieht. Es ist strenge darauf zu halten, dafs die Schüler schon auf die Wirkung des ersten Tropfens achten und nicht sofort eine grofse Portion zusetzen, ehe sie sich von dem Erfolg überzeugen, wie denn überhaupt darauf aufmerksam zu machen ist, dafs der Grundsatz „Viel hilft viel" für gewöhnlich beim chemischen Arbeiten nicht am Platze ist, sondern im besten Falle (z. B. bei Anwendung einer grofsen Menge der zu analysierenden Substanz) eine Zeitvergeudung bedeutet, häufig aber (wie bei der Untersuchung auf Aluminium mittels Ätznatrons) zu falschen Resultaten führt. Ganz falsch aber ist es, wie man häufig beobachten kann, das Reagensglas in der geschlossenen Hand zu halten und nach Gutdünken einen kräftigen „Schufs" aus der Reagensflasche hinein zugiefsen, um hinterher zuzusehen, was aus der Sache geworden ist. Man mufs auch in diesem Punkte die Schüler fortwährend controllieren, damit sie sich nicht die ganze Reaktion verderben. Ferner ist von vornherein stets zu verlangen, dafs die Schüler sich vor Ausführung der Reaktion, so weit es ihre Vorkenntnisse ermöglichen, über den Verlauf derselben klar werden. — Nachdem unter zeitweiligem Umschütteln die Reaktion zu Ende geführt ist (Merkmal?), stellt man das Reagensglas in das Gestell. Der Stopfen ist sofort auf die Reagensflasche und diese an ihren Platz zu setzen, wie denn überhaupt Gebrauchsgegenstände, die für die allgemeine Benutzung bestimmt sind, stets sofort nach der Benutzung wieder genau an die dafür bestimmten Plätze gestellt werden müssen: Ordnung ist die zweite unerläfsliche Bedingung bei chemischen Arbeiten.

Während sich der Niederschlag im Reagensglas absetzt, wird ein Filter („Filtrum") geschnitten. Jeder Schüler teilt einen Bogen Filtrierpapier durch wiederholtes Zusammenfalten und Entzweireissen aus freier Hand (nicht auf dem Tisch oder mit der Scheere) in sechzehn gleiche Vierecke. Aus einem Blatt wird ein Filter hergestellt, während die übrigen sorgfältig (in einem Kasten oder Buch) aufgehoben werden. Das Filter wird mit der Scheere so geschnitten, dafs sein Rand sich etwa $^1/_2$—1 cm unter dem Trichterrand befindet. Niemals darf ein Filter über den Trichter hinausragen. Hierauf sowie auf sorgfältiges Andrücken nach vorhergegangener Befeuchtung ist fortwährend zu achten, da erfahrungsgemäfs die Schüler hier gern flüchtig verfahren. In das so vorbereitete auf ein völlig reines Reagensglas im Reagensglasgestell gesetzte Filter giefst man zunächst die über dem Niederschlag befindliche mehr oder weniger klare Flüssigkeit, am besten mit Hülfe eines Glasstabes und



ohne unnötiges Bewegen des Glases. Der Niederschlag selbst wird dann mit wenig Wasser aufgenommen. Dabei wird erklärt, was man unter „Auswaschen" eines Niederschlags versteht, wie man sich von der Vollständigkeit desselben überzeugt und ferner, wenn man etwa ein kohlensaures Salz auf dem Filter hat, auch das „Lösen des Niederschlags auf dem Filter".

5. Es bleibt jetzt noch das Reinigen der benutzten Geräte. Das geschieht unter der Wasserleitung (ohne Wasser-Verschwendung!) mit Hülfe der Cylinderbürste. Erst wenn letztere vergeblich angewendet ist, hilft man mit einigen Tropfen Salzsäure oder Salpetersäure, unter Umständen unter Erwärmen, nach. Es wird das aber selten nötig sein, wenn die Schüler die Reinigung regelmäfsig am Schlufs des Unterrichts vornehmen. Zuletzt spült man die Reagensgläser mit ein wenig destilliertem Wasser nach, trocknet sie äufserlich ab und stellt sie umgekehrt in das Reagensglasgestell. Es ist darauf zu achten, dafs die Schüler beim Reinigen nicht mehrere Reagensgläser zugleich in die Hand nehmen. — Hieran schliefsen sich Bemerkungen über Benutzung (z. B. Kochen auf dem Drahtnetz) und Reinigung anderer Gefäfse, wie Bechergläser, Kolben und Porzellanschalen. Vieles haben ja die Schüler schon im früheren Unterricht dem Lehrer absehen können.

6. In anbetracht der wichtigen Rolle, welche das Lötrohr in der Analyse spielt, und seiner Verwendung schon in den ersten Laboratoriumsübungen erscheint es zweckmäfsig, seinen Gebrauch sofort sämtlichen Schülern vorzuführen. Es ist hier besonders darauf zu achten, dafs der Arm, welcher das Lötrohr hält, einen festen Stützpunkt hat, dafs die Flamme nur so hoch brennt, dafs man sie bequem niederblasen kann, was wieder nur bei richtiger Haltung des Lötrohrs — seine Spitze mufs mit dem Spalt des Brenners gleiche Richtung haben — möglich ist, sowie endlich, dafs die Kunst des Blasens sich nicht in der Stärke des Luftstroms, sondern in der Gleichmäfsigkeit desselben zeigt, weshalb es höchst überflüssig ist, die Backen wie ein Posaunenengel aufzublasen. Die verschiedene Wirkung der beiden Teile der Lötrohrflamme werden etwa an der Reduktion von Bleioxyd und der Oxydation des erhaltenen Bleis gezeigt. Übrigens sind die Schüler sehr geneigt, statt der erforderlichen wenigen Körner der Substanz eine gröfsere Portion zu nehmen, sowie dieselbe in ein tiefes Loch statt auf eine ganz flache Vertiefung zu bringen.

Nach Beendigung dieser allgemeinen Instruktion, welcher die Schüler stets mit grofsem Interesse folgen, werden dann die sich daraus ergebenden zur Erhaltung der Ordnung und Sauberkeit aufgestellten Regeln verlesen, welche zur allgemeinen Beachtung im Laboratorium aufgehängt sind.

Kleine Mitteilungen.

Demonstration erzwungener longitudinaler Schwingungen.

Von Dr. **H. J. Oosting** in den Helder (Holland).

Bei meinen Untersuchungen über Schwingungen von Fäden, welche bis jetzt nur in holländischer Sprache und noch nicht vollständig veröffentlicht worden sind[1]), habe ich grofsen Vorteil gehabt von der Verwendung von Kautschukfäden und von neuen Schwingungserregern. Es gelingt mit Leichtigkeit, bei Kautschukfäden nicht nur erzwungene transversale, sondern auch erzwungene longitudinale Schwingungen zu erregen und Knotenpunkte derselben nachzuweisen. Ich möchte hier jetzt mitteilen, wie ich die Erregung der longitudinalen Schwingungen für die Demonstration eingerichtet habe.

Als Schwingungserreger verwende ich den in dieser Zeitschrift (*VIII 187*) beschriebenen Apparat, in Fig. 1 schematisch dargestellt. Zwei Fäden von dunkelbraunem Kautschuk sind mit den Enden zwischen Holzbacken B und C festgeklemmt. B wird mit dem Schwingungserreger verbunden, die Fäden werden in der Schwingungsrichtung von A horizontal ausgespannt und C wird befestigt. In gleicher Entfernung von einander sind an Kautschukfäden die Streifen D_1, D_2 von weifsem Karton festgemacht. Wird A von dem elektrischen Motor in Bewegung versetzt, so wird sich bei einer gewissen Schwingungszeit in der Mitte von

[1]) Beibl. zu Wied. Ann., 1890 S. 225; 1894 S. 709; 1895 S. 539; 1896 S. 545; 1897 S. 5.



BC ein Schwingungsbauch bilden. Hat man in den Stromkreis des Motors einen regulierbaren Widerstand aufgenommen, dann kann man weiter durch Verstärkung des Stromes die Schwingungszeit verkleinern, wodurch sich zuerst in der Nähe von B ein Knotenpunkt der longitudinalen Schwingung bildet; man kann die Schwingungszeit so weit verkleinern, bis der Knotenpunkt in die Mitte von BC fällt oder noch weiter nach C, in welchem Fall in der Nähe von B ein zweiter Knotenpunkt entsteht. Es wird deutlich sein, dafs dieses Experiment genau übereinstimmt mit den Experimenten an den Kundt'schen Röhren.

Das verwendete Kautschuk hatte einen quadratischen Querschnitt, dessen Seitenlänge circa 2 mm ist. Für die Länge der Holzbacken B und C habe ich 10 cm genommen, die Entfernung der beiden Fäden betrug 6 cm. Die Fäden wurden erst in B befestigt, darauf B in einer Höhe von etwa 3 Meter über den Boden an einer Zimmerwand angebracht, so dafs die Fäden nach unten hingen. Die Fäden wurden dabei etwas gespannt, jeder durch einen Körper von 20 Gramm. Dann wurde der zweite Holzbacken C in solcher Höhe angebracht, dafs die Fadenlänge 100 cm betrug. Die beiden Fäden wurden dann über Tische horizontal ausgespannt, so dafs die Länge 400 cm betrug, und endlich wurden die Kartonstreifen (Länge 10 cm, Breite 4 mm) in Entfernungen von 25 cm mit Nähgarn an den Fäden festgemacht.

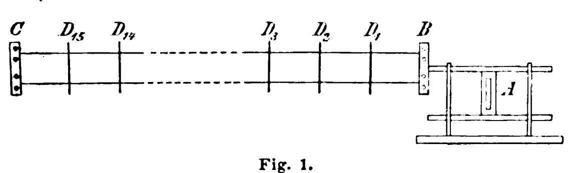


Fig. 1.

Bei der Ausführung des Experimentes betrug die Länge BC wieder 400 cm.

In Figur 2 ist ein Teil einer Photographie von einer Schwingung reproduziert, wobei sich in der Mitte ein Knotenpunkt bildete. Da die Entfernung der Kartonstreifen 25 cm ist, so kann man der Photographie entnehmen, dafs die Amplitude der beiden Schwingungsbäuche etwa 12 cm war. Die Amplitude der Schwingung von A, also der Durchmesser des von der Kurbel des Motors beschriebenen Kreises war dabei 28,5 mm.

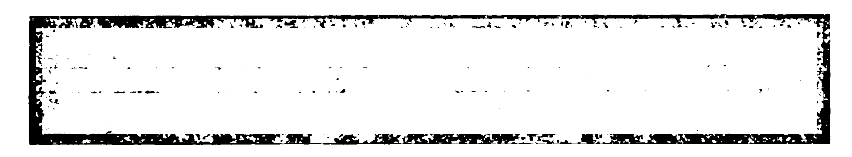


Fig. 2.

Ist die Spannung des Fadens nicht richtig gewählt, so entsteht auch eine störende transversale Schwingung.

Zum Schlufs will ich darauf hinweisen, dafs es unter den in den letzten Jahren construierten Motor-Unterbrechern für grofse Induktoren Construktionen giebt, wobei in ähnlicher Weise wie bei dem von mir verwendeten Apparat eine gradlinige einfache Schwingung entsteht. Diese Apparate werden dadurch sehr gut für Schwingungsversuche zu verwenden sein, besonders für transversale Schwingungen horizontal ausgespannter Fäden. Man kann dann zu gleicher Zeit das Instrument auch als Unterbrecher für einen Induktor gebrauchen und eine Geisslersche oder Crookes'sche Röhre oder Pulujsche Lampe zu intermittierender Beleuchtung des Schwingenden Fadens verwenden.

Ein Apparat zur Veranschaulichung des Akkommodationsvorganges.

Von Dr. **Wilhelm Lettermann** in Darmstadt.

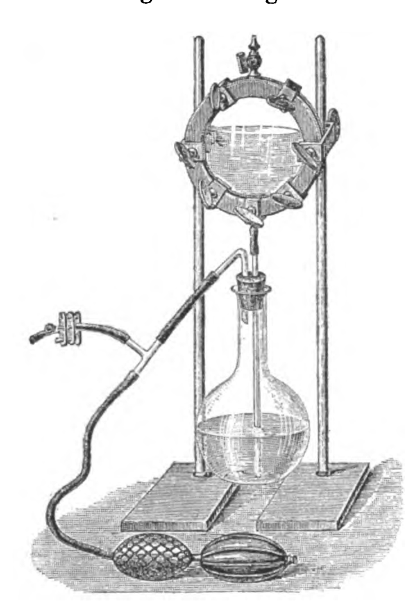
Nach jeder Behandlung der Entstehung der Linsenbilder unseres Auges hatte ich ein Gefühl der Nichtbefriedigung, weil mir kein Mittel zu Gebote stand, den Schülern das Wesen der Akkommodation durch geeignete Versuche vorzuführen. Grade wenn man sich alle Mühe gegeben hat, die Gesetze über Bild- und Gegenstandsweite einzuprägen, empfindet man bei Übergang zur Augenlinse erst recht schneidend den Gegensatz ihrer Wirkungs-



weise gegenüber Glaslinsen. Schliefslich wird man ja durch Verwendung zweier Linsen von verschiedenem Krümmungsradius zeigen, dafs bei gleichbleibender Entfernung des Bildschirmes die Linse mit gröfserem Krümmungsradius einen weiter entfernten Gegenstand abbildet, als eine solche mit kleinerem Radius. Doch der Vorgang des Austauschens der Linsen entspricht zu wenig dem eigentlichen Akkommodationsvorgange, dem Schmaler- bezw. Dickerwerden derselben Linse, um anschaulich zu wirken.

Nach mancherlei Proben habe ich mir nun nach meinen Angaben durch die Firma Ehrhardt u. Metzger, Nachfolger in Darmstadt, eine Linse verfertigen lassen, die den Akkommodationsvorgang wesentlich anschaulicher macht.

In einer starken Metallfassung ist ein Uhrglas von 12 cm Durchmesser eingekittet (s. Fig.). An den Enden eines Durchmessers des Fassungsringes sind Durchbohrungen mit Ansatzröhren vorhanden, deren eine (*a*) durch einen Hahn geschlossen werden kann. Die hintere Fläche der Fassung ist eben geschliffen. Auf sie lege ich zwischen 2 Gummiringen von ca. 1,5 mm Dicke eine dünne, völlig transparente Celluloidplatte, die ich dem freundlichen Entgegenkommen der Deutschen Celluloidfabrik in Leipzig verdanke. Dann wird ein zweiter starker, flacher Metallring aufgelegt, und das Ganze durch 8 Messingklammern, ähnlich den Kohlenklemmen der Elemente zusammengepresst. Dieser planconvexe Linsenraum wird nun auf einem geeigneten Gestelle leicht abnehmbar befestigt und kann durch Luftdruck vermittelst der unteren Ansatzröhre, wie aus einer Spritzflasche mit Wasser gefüllt werden. Nach der Füllung schliefst man den Hahn (*a*), und wenn der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, stellt der Apparat eine concav-convexe Linse dar, da die dünne Celluloidhaut sich unter dem negativen Drucke der Wassersäule nach innen wölbt. In diesem Zustande bringe ich die Linse auf die optische Bank und stelle in ca. 40 cm bezw. 80 cm von ihr 2 Stearinkerzen, deren Licht man — allerdings unter Verlust an Leuchtkraft der Bilder — durch Vorsetzen bunter Gelatineplatten färben kann, eine etwas rechts, die andere etwas links von der Linsenachse. In einer Entfernung von ca. 2 m vor der Linse findet man nun ein genügend deutliches, wenn auch nicht scharfes Bild der entfernten Flamme, dessen Zugehörigkeit zu seinem Objekte durch Flackernlassen der Flamme deutlich wird. Neben diesem Bilde zeigt sich ein mit Schlieren durchzogener Lichtfleck, der von der nahestehenden Flamme stammt. Prefst man nun vorsichtig weiteres Wasser in die Linse, so ist es geradezu ergötzlich zu beobachten, wie das vorher deutliche Flammenbildchen verschwindet und sich zu einem verschwommenen Lichtflecke erweitert, während sich aus dem vorher verwaschenen Lichtflecke der nahestehenden Kerze ein gröfseres und deutliches Bild herausarbeitet, dessen Erscheinung durch Flackernlassen der Flamme wieder verstärkt werden kann. Hat man mit dem Munde Luft eingeprefst, so hat man jetzt nur nötig, die Öffnung freizugeben, um dasselbe Schauspiel in umgekehrter Richtung verlaufen zu sehen. Benutzt man ein Kautschukgebläse, so mufs durch Einschalten eines T-rohres und Anbringung eines Quetschhahnes für Anschlufs und Abschlufs der äufseren Luft gesorgt sein.



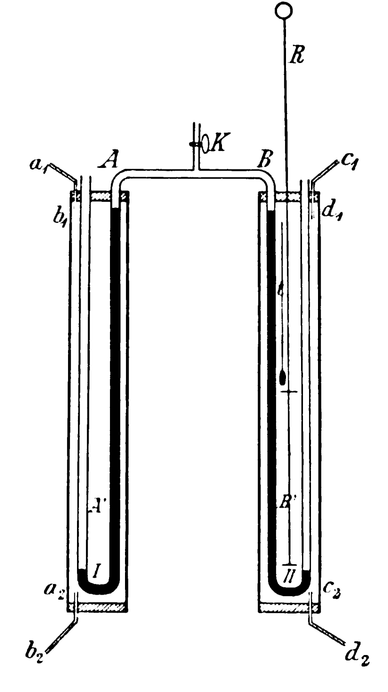
Mängel des Apparates sind erstens die unvermeidlichen, aber in den zwei extremen Stellungen der Celluloidplatte wenig störenden Schlieren. Zweitens werden — anscheinend durch den Kampfergehalt des Celluloids — die beiden inneren Linsenwände etwas getrübt, man mufs daher nach jedem Versuche die Linse durch Öffnung des Hahnes (*a*) entleeren und vor der Wiederholung auseinandernehmen und reinigen.



Ein Apparat zur Bestimmung des Wärmeausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers.

Von **Victor Biernacki** in Warschau (Physikal. Labor. des Polytechn. Instituts).

Der Apparat besteht aus einer langen Glasröhre von ungefähr 1 cm Durchmesser, die wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, so gebogen ist, dafs sie zwei U-Röhren *I* und *II* von 70 cm Länge und die gerade horizontale Verbindungsröhre *AB* von ungefähr 10 cm Länge bildet. Die Verbindungsröhre *AB* ist mit einer kurzen seitlichen Röhre mit Glashahn *K* versehen. Die U-Röhren sind mit passenden Glascylindern, die oben und unten durch Korkpfropfen dicht verschlossen sind, umgeben. Die Schenkel beider U-Röhren gehen durch die oberen Korken hindurch. Der ganze Apparat ist auf einem entsprechenden Halter montiert. Nachdem in die beiden U-Röhren eine genügende Quantität des Quecksilbers gegossen ist, verbindet man den Hahn *K* mit einer Luftpumpe, mittels welcher die Luft in *AB* soweit verdünnt wird, dafs die Quecksilberkuppen in *AA'* und *BB'* nur wenig von den unteren Rändern der die Glascylinder von oben abschliefsenden Korkpfropfen abstehen. Die Höhendifferenz der Quecksilberkuppen in beiden Schenkeln jeder U-Röhre beträgt ungefähr 60 cm. Nachdem der Hahn *K* verschlossen worden, ist der Apparat zur Messung fertig.



Es sei *T* die Temperatur des Quecksilbers in der Röhre *I*, *t* die Temperatur des Quecksilbers in der Röhre *II*, h_1 der vertikale Abstand der Quecksilberkuppen in der Röhre *I*, h_2 der vertikale Abstand der Quecksilberkuppen in der Röhre *II*. Die Höhen h_1 und h_2 werden mit einem Kathetometer gemessen. Der Druck der Quecksilbersäule von der Höhe h_1 bei Temperatur *T* ist selbstverständlich dem Drucke der Quecksilbersäule von der Höhe h_2 bei Temperatur *t* gleich. Wenn wir daher den mittleren Wärmeausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers zwischen 0° und T^0 mit α bezeichnen, und ihn dem mittleren Wärmeausdehnungscoëfficienten zwischen 0° und t^0 gleich setzen, so erhalten wir

$$\frac{h_1}{1+\alpha T} = \frac{h_2}{1+\alpha t}, \text{ also } \alpha = \frac{h_1 - h_2}{h_2 T - h_1 t}.$$

Die Röhre *I* wird mit Dämpfen siedenden Wassers, die durch das Röhrchen $a_1 b_1$ in den Glascylinder geleitet werden und durch $a_2 b_2$ ins Freie entweichen, erwärmt; die Temperatur *T* beim Barometerstand *H* ermittelt man aus Tabellen. Der die Röhre *II* umgebende Glascylinder wird mit Wasser von Zimmertemperatur, die durch das Thermometer *t* angegeben wird, gefüllt. Um eine gleichmäfsige Verteilung der Temperatur in der Röhre *II* zu erlangen, dient der Rührer *R*. (Man kann auch die Quecksilbersäule *II* mittels kalten Wassers, das den Glascylinder durchfliefst, kühlen; dazu dienen die Glasröhrchen $c_1 d_1$ und $c_2 d_2$.)

Der Apparat ist bei den praktischen Übungen im Physikalischen Laboratorium des Polytechnischen Institutes in Warschau schon längst im Gebrauche. Die einzelnen Werte von α, die aus den Messungen verschiedener Praktikanten mittels dieses Apparates sich ergeben, weichen um nicht mehr als 1% bis 2% von einander ab. (Der Nonius am Kathetometer giebt $^1/_{50}$ mm.) Ohne Zweifel kann der beschriebene Apparat mit kleinen Abänderungen auch zur exakten Untersuchung der Wärmeausdehnung der Flüssigkeiten nach dem Prinzipe der correspondierenden Flüssigkeitshöhen dienen. Ich will hier nur darauf aufmerksam machen, dafs in diesem Apparate die Wärmeleitung nur durch schlechte Leiter, nämlich durch das Glas und die Luft in *AB* stattfindet, während in den Apparaten von

Dulong und Petit und von Regnault die ungleich erwärmten Quecksilbersäulen durch eine gut leitende, horizontale Quecksilbersäule verbunden sind [1]).

Noch ein Vorlesungsversuch über die Entladungen.

Von **W. Weiler** in Efslingen.

Der von Herrn Silow in Heft I, S. 30 angegebene Vorlesungsversuch für continuierliche sowohl, als für oszillierende Entladungen läfst sich mit einem Apparat vornehmen, der in den meisten physikalischen Kabinetten vorhanden ist und mit dem schon seit vielen Jahren gezeigt wird, dafs die positive Elektrizität lieber den Weg von einer Spitze zu einer Fläche und die negative leichter den Weg von einer Fläche zu einer Spitze nimmt. Er ist in Fig. 1 abgebildet.

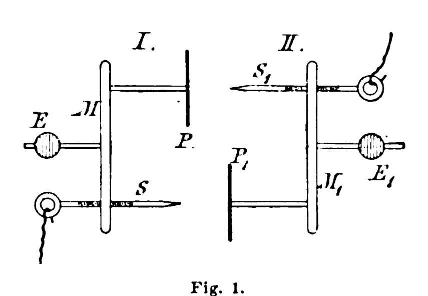
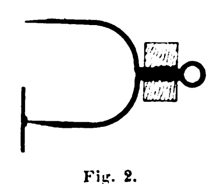


Fig. 1.

Die Messingstäbe $M\,M_1$ werden von den Ebonit- oder Glassäulen $E\,E_1$ getragen. Die Messingplatten $P\,P_1$ (etwa von Thalergröfse) werden von den Messingstäben mittels Messingdrähten in parallelen Richtungen gehalten. Die Messingstifte $S\,S_1$ sind zugespitzt und durch Schraubengewinde in den Messingstäben verstellbar. Die Abstände zwischen $S\,P$ und $S_1\,P_1$ müssen für jeden Versuch vollkommen gleich sein.

Fig. 2 zeigt eine leicht anzufertigende Form. Ein Kupferdraht von etwa $1^1/_2$ mm Dicke erhält eine Würgstelle und daran eine Schleife. Das eine Ende des Drahtes ist zugeschärft, an das andere ein Zweipfennigstück gelötet. Die Würgstelle wird auf eine Siegellackstange eingeschmolzen. Auf einem zweiten Brettchen wird die gleiche Vorrichtung gegenübergestellt.


Fig. 2.

Man verbindet die eine Elektrode einer Reibungs- oder Influenzmaschine durch einen Leitungsdraht mit M und leitet die andere Elektrode, sowie M_1 zur Erde ab. Nimmt der Funke seinen Weg von S nach P_1, so führt er positive Elektrizität. Hierauf verbindet man die negative Elektrode mit M_1, der Funke schlägt von P nach S_1 über, wenn die andere Elektrode und M durch Ketten zur Erde abgeleitet sind.

In der zweiten Versuchsreihe ist die Holtzsche Röhre durch den beschriebenen Apparat ersetzt. Die Anordnung der Apparate ist dieselbe wie bei Silow (Fig. 3). Von den Elektroden oder Conduktoren a und b aus wird die Leydner Flasche geladen. Wenn der Funke zwischen c und d kurz ist, erhält man nur zwischen $S\,P_1$ oder zwischen $P\,S_1$ ein Aufleuchten. Es leuchten aber beide Übergänge auf, wenn die Funkenstrecke zwischen c und d genügend grofs ist; die Entladung ist also eine oszillierende.

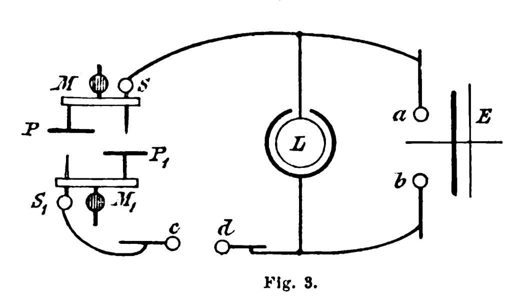


Fig. 3.

Man kann indessen die unter den Elektroden der Influenzmaschine stehenden Leydner Flaschen vom Grundbrett isolieren, deren eines äufseres Belege mit einer Funkenstrecke, etwa dem allgemeinen Auslader, verbinden und in diesem Stromkreis den Apparat einschalten und die Leitung zum andern äufsern Belege führen.

Für die Praxis.

Nachweis der Ausdehnungsanomalie des Wassers mit Hülfe von Ätherkühlung. Von **Karl Wais** in Wien. Mitunter ist es aus verschiedenen Gründen unbequem,

[1]) Die Glasteile zum beschriebenen Apparate sind von P. Altmann in Berlin zu meiner vollen Zufriedenheit verfertigt worden.



mit Kältemischungen zu arbeiten; in diesem Falle empfiehlt sich die von Dr. Rosenberg in seinem „Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Naturlehre“, II. Teil erwähnte Verwendung der Verdunstungskälte des Äthers. Eine für den Nachweis der Anomalie des Wassers geeignete Vorrichtung zeigt Fig. 1. Das zur Hälfte mit Äther gefüllte Probierglas erhält einen dreifach durchbohrten Stöpsel; Rohr 1 wird an die Leuchtgasleitung angeschlossen, das Gemenge von Gas und Ätherdampf wird bei 3 entzündet. 2 ist ein Wasserthermometer. Bei fortgesetzter beschleunigter Verdunstung bemerkt man deutlich zuerst Sinken, dann wieder Steigen des Wassers in der Thermometerröhre; endlich tritt Gefrieren ein.

Fig. 1.

Das Zersprengen von Gefäfsen durch Gefrieren zeigt man an einem nicht zu weiten, mit Wasser ganz gefüllten und an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhrchen, das man in den Äther hineinlegt, nachdem man das Wasserthermometer herausgenommen und die entsprechende Stöpselöffnung verstopft hat.

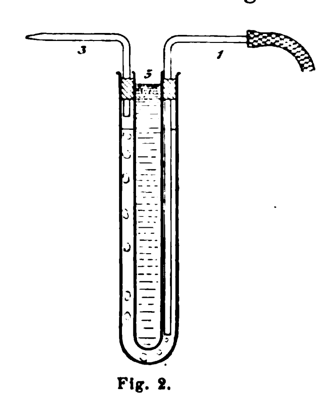


Fig. 2.

Um Messungen der Temperaturen des Wassers in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums vornehmen zu können, stellt man einen Apparat nach Fig. 2 aus einem gewöhnlichen und einem weiteren Probierglase (event. Kolben mit breitem Hals), und zwei Winkelrohren her. Wenn sich oben eine etwa zwei Finger hohe Eisschicht gebildet hat (etwa nach 15 Minuten) mifst man die Temperaturen oben (0°) und unten (4°).

Tönende Luftsäule an einem Auerbrenner. Von **Karl Wais** in Wien. Wenig bekannt ist, dafs man eine gewöhnliche Auerflamme leicht zum Tönen bringen kann. Man fasse die Brennerkrone eines Auerbrenners bei aufgesetztem Cylinder derart, dafs man sich bei eventuellem Zurückschlagen der Flamme nicht die Finger verbrennt, und hebe nach erfolgtem Anzünden die Krone derart ab, dafs sich dieselbe 3—5 cm direkt über der Ansatzöffnung befindet. Die Flamme tönt bei einer gewissen Höhe, die man leicht empirisch findet, laut wie eine Dampfpfeife. (Chemische Harmonika.)

Expansion der Luft. Zur ersten Vorführung kann man zweckmäfsig von einer kleinen Pfeife Gebrauch machen, da diese dem Schüler die aus seinen Spielerfahrungen zu gewinnende unmittelbare Anschauung einer Luftbewegung gewährt. In manchen Handlungen erhält man geeignete Pfeifchen aus Knochen oder Metall, die sich an einem kurzen Schlauchstück befestigen lassen. Man suche sich ein leicht und kräftig ansprechendes Exemplar aus.

Zum Versuche gehört ein Kolben, in dessen gut schliefsendem Kork ein beiderseits einige Centimeter vorragendes Glasröhrchen sitzt. Den Schlauch, welchen man über das abgeschrägte Mundstück der Pfeife geschoben hat, befestigt man zunächst auf dem äufseren Ende des Röhrchens, treibt mit dem Munde durch die seitliche Öffnung des Pfeifchens Luft in den Kolben und drückt das Schlauchstück zu. Beim nachträglichen Öffnen des letzteren macht sich die Expansion der eingeschlossenen Luft durch einen kurzen Pfiff bemerkbar. Man bringt alsdann das Pfeifchen im Innern des Kolbens an und streift auf das äufsere Ende des Glasröhrchens ein zweites Schlauchstück, welches man zudrückt, nachdem man

die Luft durch Saugen verdünnt hat. Beim Öffnen bringt die einströmende Luft das Pfeifchen zum Tönen.

Eine weitere Anwendung kann man machen, um bei der ersten Vorführung der Kolbenluftpumpe den Einflufs der Umstellung des Hahnes zu zeigen. Erörtert man zunächst nur theoretisch den Verlauf der Luftwege, so kann es leicht vorkommen, dafs der eine oder andere Schüler in Erwartung der Versuche nicht zuhört. Man setzt daher das Pfeifchen mit seinem Schlauchstück auf den in der Tellermitte befindlichen Rohransatz und bewegt den Kolben. Der fast unerträglich laute Pfiff beim Einschieben des Kolbens klärt eindringlichst über den Weg der Luft auf. Alsdann wird der Hahn umgestellt und, nachdem das Unterbleiben des Pfeifentones bei der zweiten Hahnstellung constatiert ist, wird das Pfeifchen an dem am Hahngriff befindlichen Rohransatz befestigt, oder bei dessen Fehlen gegen die Ausströmungsöffnung gedrückt. *H. Rebenstorff*, Dresden.

Abfangen des Natriumhydroxyds beim Verbrennen von Natrium auf Wasser. Bei der Zersetzung des Wassers durch Natrium geht das Verbrennungsprodukt des Metalls gröfstenteils in Lösung; auch wenn das Natrium sich hierbei entzündete, kann man dié feste Masse nur in den kleinen Mengen aufweisen, die infolge der Explosion des Kügelchens an die Gefäfswände geschleudert wurden. Es ist unterrichtlich wertvoll, das Verbrennungsprodukt in festem Zustande vorzeigen zu können. Man braucht dazu nur die Natriumstückchen auf Filtrierpapier in der bekannten Weise sich entzünden und verbrennen zu lassen und die kleine Pause, welche bis zur Explosion regelmäfsig verstreicht, zum Abfangen des Kügelchens mit dem heifsen Ende einer Glasröhre oder eines Glasstabes zu benutzen. Der letztere mufs natürlich in einer Flamme bereit liegen. Das Abfangen gelingt äufserst leicht, da die Adhäsion der beiden heifsen Massen ganz bedeutend ist, und der Versuch kommt der kleinen Explosion mit solcher Sicherheit zuvor, dafs man kaum nötig hat, die Hand zu schützen. Der durchsichtige Tropfen von Natriumhydroxyd wird beim Erkalten für die ganze Klasse sichtbar. Durch Lösen in einigen Kubikcentimetern Wasser im Reagensglase erhält man eine auf Lackmus u. a. kräftig reagierende Lauge. Der Glasstab zeigt sich nachher angeätzt. *H. Rebenstorff*, Dresden.

Erzeugung stehender Transversalwellen nach der Methode von Melde. Hierzu gehören meist kräftige und grofse Stimmgabeln, wenn man weithin sichtbare Wellenbilder haben will. Man kann aber stehende Wellen leicht mittels einer elektrischen Klingel zeigen, die jedenfalls vor der Bewegung eines Schlauches mittels der Hand, der grofsen Regelmäfsigkeit halber den Vorzug verdient. Um nicht durch das Geräusch gestört zu werden, schraubt man die Glocke ab und befestigt die Klingel in einem Halter so, dafs der Klöppel in vertikaler Ebene (parallel zur Längskante des Experimentiertisches) schwingt. Dicht unter der Anschlagkugel des Klöppels befestigt man mit einfachem Knoten eine ungefähr 4 m lange, weifse, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ mm dicke Hanfschnur, wie sie beim Verschnüren leichter Packete im Gebrauch ist, und klemmt das andere Ende in ein Stativ. Damit ist die ganze Vorrichtung fertig. Setzt man jetzt die Klingel (Verf. benutzte eine Gülchersche Thermosäule) in energische Schwingungen, so kann man die Spannung leicht durch Verschiebung des letzt erwähnten Stativs regeln und nach Belieben 1 bis 5 Knoten erzeugen. Der Faden ist zu lang um ihn als Ganzes schwingen zu lassen. Zu dem Ende greift man, ohne ihn vom Stativ zu nehmen, von der elektrischen Klingel ab gemessen, 50 bis 100 cm Schnur mit der Hand ab und kann nun leicht die Spannung so regeln, dafs der Faden als Ganzes schwingt (Grundton der Saite). Wenn dieser infolge der Wickelung spiralige Windungen besitzt, so ziehe man ihn, da die Spannung nicht ausreicht, um jene zu beseitigen, eine halbe Stunde vorher durch ein Gefäfs mit Wasser und spanne ihn wie oben beschrieben ein.

Prof. Dr. Looser, Essen.



Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Einfacher Apparat für die Reflexion des Lichtes. Von Dr. K. Rosenberg in Wien (*Vierteljahrsber. des Wiener Vereins z. Förd. d. physik. Unterr. 1899 Heft 4*). Der Apparat besteht aus 12 bis 24 Holzprismen (Fig. 1) von quadratischem Querschnitt, 2—4 cm Grundkante, 10—12 cm Höhe; die Oberfläche ist mit schwarzem Firnifs überzogen. Auf eine der Seitenflächen jedes Prismas ist ein Spiegelstreifen von 1 cm Breite aufgeklebt; diese Streifen läfst man sich beim Glaser in der nötigen Gröfse und Zahl schneiden. Man braucht ferner einige in grofsem Mafsstabe auf Zeichenpapier mit Tusche und Farben ausgeführte Grundrisse, wie die Figuren 2 und 3 sie zeigen (im Original sind aufserdem noch Grundrisse für die Reflexion am Convexspiegel, am parabolischen Hohlspiegel, am elliptischen und hyperbolischen Spiegel wiedergegeben). Stellt man eins der Spiegelprismen auf einen auf der Tischplatte liegenden Papierbogen, und seitwärts davon eine brennende Kerze, so geht von dem Spiegel ein Lichtband in Richtung der reflektierten Strahlen aus. Stellt man nacheinander eine Reihe von Prismen längs einer Geraden auf, so erhält man das Schema der Reflexion am Planspiegel, wobei man zweckmäfsig das direkte Kerzenlicht für das Auge durch eine Papptafel abblendet, die man längs der punktierten Geraden aufstellt.

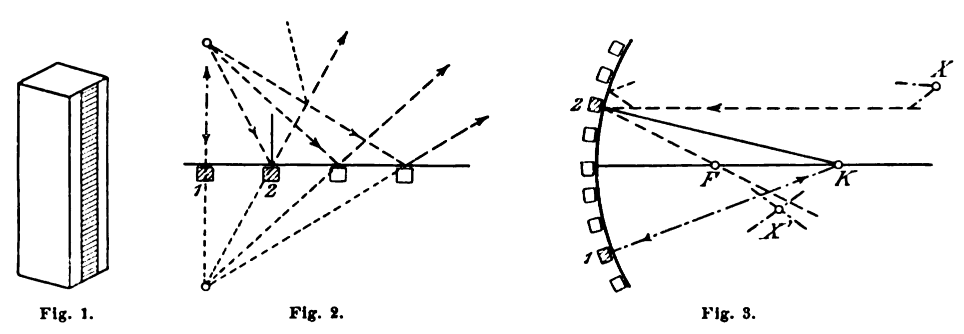


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Stellt man die Spiegel längs der Kreislinie in Fig. 3, so kann man die verschiedenen Fälle der Reflexion am sphärischen Hohlspiegel demonstrieren; die Figur stellt den Fall dar, dafs die Strahlen von einer weitentfernten Lichtquelle (Auerbrenner oder Glühlampe) ausgehen und nahezu als parallel angesehen werden können, X und X^1 beziehen sich auf den Fall, dafs die Lichtquelle sich aufserhalb der Achse befindet. In diesem letzten Fall schlägt der Verfasser vor, zwei Glühlampen, die eine rot, die andere grün, nebeneinander zu stellen, so dafs man die Orientierung des Bildes gegen das Objekt erkennen kann. Wiederholt man den Hauptversuch über den sphärischen Hohlspiegel mit einem andern Grundrifs, bei dem die Spiegelöffnung (bei gleicher Krümmung) recht grofs ist, so markieren die Lichtbänder die katakaustische Linie. Man sieht leicht, wie die Versuche mit den andern oben erwähnten Grundrissen sich gestalten werden.

Der Verfasser empfiehlt den Apparat insbesondere für die Unterstufe, wo die Schüler leicht die Klötze eines Steinbaukastens für eigene Versuche verwenden und sich die nötigen Zeichnungen selbst herstellen können. Auch für Mädchenschulen, wo man nicht auf ausgebildete geometrische Anschauung rechnen kann, wird die Vorrichtung recht brauchbar sein. Für Gymnasien und ähnliche höhere Schulen möchten wir seine Verwendung nicht befürworten, da hier grade ein Hauptreiz in der gedanklichen Construktion und der nachherigen Bestätigung des Resultats durch die Erfahrung liegt. *P.*

---

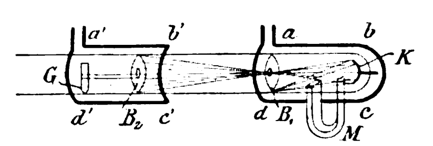
2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Kathoden- und Röntgenstrahlen. Die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen läfst sich, wie Heydweiller zeigt, in sehr einfacher Weise mit einer gewöhnlichen Röntgenröhre nachweisen (*Physik. Zeitschrift I, 15; 1899*). Vertauscht man in der

Röhre Anode und Kathode mit einander, so erhält man während der Entladung einen scharf begrenzten Schatten der Antikathode auf der gegenüberliegenden Glaswand. Macht man die Entladungen möglichst schwach, so zeigt sich im gut verdunkelten Zimmer bei Annäherung eines geriebenen Ebonitstabes eine Vergröfserung, bei Annäherung eines Glasstabes eine Zusammenziehung des Schattens. Leitet man die Antikathode durch Berühren mit der Hand zur Erde ab, so entsteht ebenfalls eine plötzliche Verbreiterung des Schattens, beim Aufheben der Ableitung eine Verengerung; daraus geht hervor, dafs die Antikathode sich bei der Ableitung, wohl durch Influenz, negativ ladet. Die Veränderung des Schattens durch Ableitung der Antikathode läfst sich auch bei stärkeren Entladungen im mäfsig verdunkelten Raume zeigen.

Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen bestimmten Batelli und Stefanini nach einer bereits von Q. Majorana angegebenen Methode, indem sie die Zeit mafsen, in der die Strahlen in verschiedenen Entfernungen von der Kathode befindliche Elektroden laden (*Physik. Zeitschrift I, 51; 1899.*) Diese Ladungen wurden gemessen durch ein Quadrantelektrometer von kleiner Capazität, bei dem die zur Bewegung der Nadel nötige Zeit sehr klein war; es konnte dann die Zeitdifferenz zwischen dem Moment der Ladung der Elektrode und dem Moment, wo die Nadel auszuschlagen beginnt, vernachlässigt werden. Ein Contakt A im primären Stromkreise des Induktionsapparats bewirkt die Entladung der an den sekundären Kreis angeschlossenen Kathode; ein zweiter Contakt B verbindet die zu ladende Elektrode mit dem Elektrometer. Durch Regulierung des Zeitintervalls zwischen Öffnung der beiden Contakte läfst sich der Augenblick bestimmen, in dem die Elektrode die Ladung zu empfangen beginnt. Ein rotierender, mit beiden Contakten verbundener Unterbrecher, dessen Geschwindigkeit auf akustischem Wege bestimmt wurde, liefs dann jene Zeit messen. — Die Verff. fanden für 0,005 mm/kg Druck eine Geschwindigkeit von ca. 58 bis 61 km/sek., bei 0,001 mm/kg Druck 120,6 km/sek. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen hängt also sehr ab von dem Druck in Entladungsrohr und von dem dadurch bestimmten Potentialgefälle.

Eine andere Versuchsanordnung für die Geschwindigkeitsmessung der Kathodenstrahlen wandte E. Wiechert an (*Wied. Ann. 69, 739; 1899*). Das von K ausgehende kegelförmige Kathodenstrahlenbündel geht durch eine im Schnittpunkt der Strahlen liegende feste Blende B_1 und eine zweite bewegliche Blende B_2; die von der letzteren durchgelassenen Strahlen bringen eine Glasplatte G zur Fluorescenz. Die Strahlen werden erzeugt durch die direkten Entladungen einer Leydener Batterie und die durch die Batterieentladungen bewirkten Teslaströme.



Durch ein „messendes System“ elektrischer Schwingungen werden die Strahlen sowohl auf der Strecke KB_1 als auch auf $B_2 G$ magnetisch beeinflufst und abgelenkt. Hierzu benutzte Verf. die Lecher'sche Anordnung, bei der zwei Paar Condensatoren einerseits durch eine Funkenstrecke, andrerseits metallisch mit einander verbunden sind. Diese metallische Verbindung bilden die Drahtleitungen $a\,b\,c\,d$ und $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$. Beide Systeme, das strahlenerregende und das messende System haben die gleiche auslösende Funkenstrecke, sind aber sonst ganz unabhängig von einander. Die Wechselströme des messenden Systems erzeugen ein fortwährend wechselndes magnetisches Feld und bewirken, dafs sich das Bündel KB_1 in der Ebene der Drahtleitung pendelnd hin und her bewegt. Das Auge erblickt scheinbar zwei entgegengesetzt abgelenkte Bündel gleichzeitig. Das eine von diesen läfst sich durch einen Hufeisenmagneten M in die Blende hineinlenken, so dafs der vorher erloschene Fluorescenzfleck auf G wieder hell erscheint. Um die Zeit der Ankunft der Strahlen bei $B_2 G$ festzustellen, ist die Einwirkung des ebenfalls zum messenden System gehörenden Drahtes $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$ auf den Fluorescenzfleck G zu beobachten nötig. Lagen $a\,b\,c\,d$ und $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$ nahe aneinander, so verursachte die zweite Drahtleitung dieselbe Ablenkung der Strahlen wie die erste. In einer gewissen gröfseren Entfernung beider Leitungen von einander teilte sich der Fluorescenzfleck G in zwei Teile; man konnte daraus schliefsen, dass die Strahlen, die bei $a\,b\,c\,d$ während der Zeit der gröfsten Stromstärke vorübergingen, in $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$



die Zeit der Stromumkehr antrafen, d. h. dafs sie die Strecke von $a\,b\,c\,d$ bis $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$ in der Zeit durchliefen, in der das messende System ein Viertel Schwingung vollführte. Entfernte man $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$ noch weiter von $a\,b\,c\,d$, so erfolgte die Ablenkung von G wieder ganz nach einer Seite und zwar entgegengesetzt wie bei $a\,b\,c\,d$, die Kathodenstrahlen fanden nun in $a_1\,b_1\,c_1\,d_1$ die entgegengesetzte Phase wie bei $a\,b\,c\,d$. Die Erscheinung wurde besonders deutlich, wenn man die Glasröhre zwischen B_1 und B_2 mit einer Drahtspirale umgab, durch die ein kräftiger Strom ging. Mit einer solchen Spirale und sorgfältiger Abstimmung der Versuchsbedingungen gelang es — in etwa 1 m Entfernung von K — noch den zweiten Umkehrpunkt zu erreichen.

Ist λ der Abstand des ersten Umkehrpunktes vom Beginn der Messstrecke, L die Wellenlänge des messenden Systems, v die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, V die Lichtgeschwindigkeit, so wird $v/V = 4\,\lambda/L$. Um das Verhältnis der Ladung l eines Teilchens zu seiner Masse m zu bestimmen, war die Kenntnis der „magnetischen Steifigkeit“ $S = H \cdot r$ (H = ablenkende magnetische Kraft, r Krümmungsradius der Bahn) der Strahlen erforderlich; aus l/m konnte ferner das auf ein Elektron der Ladung kommende Molekulargewicht α für die sich bewegenden Teilchen festgestellt werden. — Die Röhre war mit Wasserstoff gefüllt und hatte 0,3 bis 0,1 mm Druck. Der Verf. erhielt aus einer Anzahl von Messungen als die wahrscheinlichsten Werthe $v/V = 0{,}137$; $\alpha = \frac{1}{1300}$ (bezogen auf $O = 16$); l/m (elektrostatisch) $= 3{,}77 \cdot 10^{17}$; l/m (elektromagnetisch $= 1{,}26 \cdot 10^7$.

Um über die Masse der Träger der negativen Elektrisierung in verdünnten Gasen einen Aufschluss zu erhalten, verglich J. J. Thomson die Werte des Verhältnisses m/l (Masse : Ladung) für die durch ultraviolette Bestrahlung hervorgerufene Entladung mit dem entsprechenden Wert für Kathodenstrahlen (*Physikal. Ztschr. 1. 20; 1899*). Die Bestimmung von m/l erfolgte auf Grund der Wirkung, die ein magnetisches Feld auf die Zerstreuungsgeschwindigkeit negativer Elektrisierung ausübt. Ist nämlich X die Stärke des elektrischen, H die des dazu senkrechten magnetischen Feldes, so zeigt die Theorie, dafs das Magnetfeld erst dann die Zerstreuungsgeschwindigkeit zu vermindern beginnt, wenn die Entfernung zwischen den Condensatorplatten gleich $2\,X\,m/l \cdot H^2$ ist. Aus den bekannten Werten von X und H läfst sich dann m/l berechnen. Nach dieser Methode ergab sich für ultraviolettes Licht $l/m = 7 \cdot 10^6$, für den Glühlampenkohlenfaden in Wasserstoff $8 \cdot 10^6$. Diese Zahlen sind von derselben Grössenordnung wie der vom Verf. für Kathodenstrahlen gefundene Wert. Die Ladung eines Ions bei negativer Elektrisirung durch ultraviolettes Licht bestimmte der Verf. ferner zu $7 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten; da das dieselbe Ladung ist wie die durch Röntgenstrahlen erzeugte, diese aber nach Townsend gleich der Ladung eines Wasserstoffions bei der Elektrolyse ist, so mufs der Unterschied zwischen dem Wert von l/m für negative Elektrisierung in verdünnten Gasen ($= 7 \cdot 10^6$) und demselben Wert l/m bei Elektrolyse ($= 10^4$) in der Gröfse m und nicht in l gesucht werden. Daraus würde folgen, dafs die Masse des Trägers negativer Elektrisierung in hochverdünnten Gasen etwa $^1/_{700}$ der Masse des Wasserstoffions beträgt. Die mit positiven Ladungen verbundenen Massen sind, wie aus der Untersuchung der Kanalstrahlen folgt, von derselben Gröfsenordnung wie bei der Elektrolyse; die Zerstreuungsgeschwindigkeit positiv geladener Teilchen wird auch durch den Magneten nicht vermindert. Der Verf. kommt daher zu der Annahme, dafs sich bei der Elektrisierung eines Gases von dem Atom ein „Korpuskel“ loslöst und als negativ geadenes Ion seine Ladung fortführt; der zurückgebliebene Teil des Atoms, der nahezu noch dieselbe Masse wie das Atom hat, wäre dann das positive Ion.

Einen Apparat zur Erzeugung stereoskopischer Röntgenbilder auf dem Leuchtschirm hat H. Boas construiert (*Verh. der Deutschen Physik. Ges. 1900, S. 45*). Die für das räumliche Sehen erforderlichen zwei Bilder werden durch zwei Röntgenröhren erzeugt, die nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd leuchten. Die beiden Röhren werden durch zwei Funkeninduktoren in Thätigkeit gesetzt; diese sind mit einem besonders construierten Turbinen-Unterbrecher mit zwei von einander isolierten Segmentringen verbunden und können dadurch wechselseitig betrieben werden. Der Unterbrecher besitzt ferner eine



Einrichtung zum Anschluss und zur Phasenverstellung eines Binokularstroboskops, das ein grofses Gesichtsfeld besitzt und in weiten Grenzen nach Belieben bewegt werden kann. Durch zwei Diaphragmen wird wechselseitig dem rechten oder dem linken Auge — synchron mit den leuchtenden Röhren — der Durchblick gestattet. Setzt man die Apparate in Thätigkeit, sodafs beide Röhren leuchten, und bringt ein Objekt vor den Leuchtschirm, so sieht man mit blofsem Auge ein Bild mit Doppelcontouren; mit dem Stereoskop betrachtet tritt bei richtiger Stellung eine scheinbare Verkleinerung ein, und die Gegenstände zeigen sofort Tiefenausdehnung. Die Methode eignet sich vorzüglich, um im lebenden Körper die genaue Lage von Fremdkörpern festzustellen. Über die technischen Einzelheiten des äufserst sinnreich erdachten Apparats mufs auf die Abhandlung des Verf. verwiesen werden.

Über die Entladung durch X-Strahlen veröffentlicht Sagnac einige neue Versuche (*C. R. CXXX. 320; 1900.*) Die primären und sekundären X-Strahlen zerstreuen mit derselben Geschwindigkeit die positive oder negative Ladung eines Leiters, wenn dieser Leiter die Strahlen durch Öffnungen eines Metallkastens empfängt, der sorgsam mit dem Fufsboden verbunden ist und keine Kraftlinien des Leiters entweichen läfst — unter der ausdrücklichen Bedingung, dafs aufserhalb des Kastens auf dem Wege der X-Strahlen kein elektrisches Feld besteht. Andererseits tritt eine merkliche Ungleichheit zwischen den Zerstreuungsgeschwindigkeiten der beiden Elektrizitäten ein, wenn der Metallkasten elektrisiert wird oder wenn ein elektrisierter Körper sich aufserhalb des Kastens befindet. Bei den Versuchen des Verf. befand sich ein Elektroskop in dem Metallkasten, dessen eine Seitenwand durch ein metallisches Gewebe oder einen durchlöcherten Schirm verschlossen war; der Raum vor dieser Wand wurde den X-Strahlen ausgesetzt und enthielt eventuell das äufsere elektrische Feld. Waren nun das äufsere und das innere elektrische Feld von der gleichen Richtung, so wurde die Entladung des Goldblättchens in dem Elektroskop bei Anwesenheit des äufseren Feldes beschleunigt; waren die beiden Felder von entgegengesetzter Richtung, so wurde die Entladung verzögert. Der Verf. sucht die Erscheinung durch die Annahme zu erklären, dafs die durch die Strahlen in der Luft frei gewordenen Ladungen unter dem Einflufs des äufseren Feldes ungefähr den Kraftlinien dieses Feldes mit einer gewissen Geschwindigkeit folgen. Ist diese grofs genug, so können die Ladungen unter Verlassung der äufseren Kraftlinien durch die Öffnungen des Kastens hindurch auf die Kraftlinien des inneren Feldes übergehen und hier die Beschleunigung oder Verzögerung der Elektroskop-Entladung hervorrufen. Die elektrischen Ladungen würden dann wie ein Bombardement in das Innere des Kastens dringen. In verdünnter Luft und bei grofsem Potentialunterschied des äufseren Feldes würde dieses Bombardement immer gröfsere Geschwindigkeiten erreichen, dann auch ein dünnes Aluminiumblatt durchdringen und so immer mehr den Kathodenstrahlen vergleichbar werden.

Dafs die X-Strahlen auch den elektrischen Widerstand des Selens beeinflussen zeigte Perreau (*C. R. CXXIX. 956; 1899*). Die benutzte Selenzelle hatte im Dunkeln einen Widerstand von 40000 Ohm, in diffusem Licht fiel derselbe rasch auf 33000 Ohm. Bei einer Beleuchtung mit X-Strahlen verminderte er sich auf 34000 Ohm und zeigte geringe Schwankungen; hörte die Bestrahlung auf, so stieg der Widerstand wieder auf seinen ursprünglichen Wert. Bei Entfernung der Strahlungsquelle nahm die Wirkung ab, war aber noch in 17 cm Entfernung bemerkbar. Zwischengelegte Körper liefsen ihre verschiedene Durchlässigkeit für X-Strahlen feststellen; eine Bleiplatte von 1 mm Dicke liefs keine Wirkung mehr hindurch. — Hertzsche Schwingungen hatten auf den Widerstand des Selens keinen Einflufs.

Die chemische Einwirkung der X-Strahlen untersuchte Villard (*C. R. CXXIX, 882; 1899*). Wenn eine Crookessche Röhre eine Zeitlang funktionirt hat, nimmt das Glas an den Stellen, die zugleich von X-Strahlen und diffusen Kathodenstrahlen getroffen werden, eine violette Färbung an. Der Verf. untersuchte, welche der beiden Strahlenarten die Färbung bewirkte. Zu dem Zwecke umgab er die Antikathode mit einem weiten Rohr aus Glas oder Krystall, dessen innere Wand gegen die Kathodenstrahlen durch ein sehr dünnes



Aluminiumblatt geschützt werden konnte, während die X-Strahlen hindurchgingen. War das Aluminiumblatt nicht eingelegt, so erhielt man auf der Rohrwand die gewöhnliche Kathodenreduktion, d. h. das Rohr schwärzte sich stark mit bläulichem Ton, wenn es aus Krystall, es wurde braun, wenn es aus bleihaltigem Glas bestand. Nach Einlegung des Aluminiumblattes wurde die Färbung in beiden Fällen violett; hier sind also nur die X-Strahlen in Wirksamkeit. Die Veränderung im Glase ist sicherlich eine Oxydationserscheinung, da sie auch nach Erwärmung mit einer stark oxydierenden Flamme eintritt. Da sie auch durch Becquerelstrahlen erzeugt wird, so ergiebt sich hieraus eine neue Analogie zwischen diesen und den X-Strahlen.

Eine Crookessche Röhre erhält während des Stromdurchganges auch an ihrer äufseren Fläche Ladungen. Die Verteilung dieser freien Elektrizität studierte E. Riecke, indem er die Röhrenoberfläche mit Schwefel-Mennigepulver bestäubte (*Wied. Ann. 69. 788; 1899; Drudes Ann. I, 414; 1900*). Es bilden sich dabei deutliche rote und gelbe, scharf von einander abgegrenzte Bezirke. Der Kathode gegenüber erscheint auf der Glaswand ein Ring, der den nach aufsen sich verbreiternden gelben Staub scharf begrenzt, während innerhalb des Ringes rotes Pulver in lappenförmigen Gebilden haften bleibt. Die von dem Verf. genau beschriebene Verteilung der beiden Pulver läfst erkennen, dafs die von den Kathodenstrahlen getroffenen Teile der Röhre aufsen hauptsächlich die Mennige festhalten. In den Weg der Strahlen gestellte Körper markieren auf der Glasoberfläche ihren von rotem Staube begrenzten Schatten, lassen auch eine Reflexion der Strahlen erkennen. Die lappenförmigen Gebilde an der Stelle des Fluorescenzflecks sind auch ohne Bestäubung dunkel auf hellem Grunde sichtbar. Sie wechseln fortwährend ihre Lage und nehmen, wenn die Röhre so hart ist, dafs die Entladung eben noch durchgeht, die Form zierlicher Dendriten von dem Aussehen positiver Lichtenbergscher Figuren an.

Diese elektrischen Ladungen an der Oberfläche der Röntgenröhren erzeugen, wie Grätz zeigt, mechanische Bewegungen (*Verh. der Deutschen Physik. Ges. II, 58; 1900*). Die bekannte Eigenschaft der Kathodenstrahlen, leicht drehbare Körper im Innern der Vacuumröhre zu bewegen, führte den Verf. zu der Frage, ob Röntgenstrahlen nicht eine ähnliche Fähigkeit besitzen. Brachte er leichte Körper aus Paraffin, Schwefel, Ebonit, auch metallische Scheiben an einem isolierenden Querstück auf eine Nadelspitze zwischen zwei hoch geladene Condensatorplatten, so blieben sie zunächst in Ruhe, fingen aber sofort an, sich zu drehen, sobald sie den Strahlen einer Röntgenröhre ausgesetzt waren. Der Sinn der Drehung ist unbestimmt und hängt von der Anfangstendenz ab. Nur wenn man bei kleinen Condensatorplatten zwei vertikale Kupferscheiben an einem isolierenden Querstück in das Feld bringt, ist die Stellung der Röntgenröhre von Einflufs auf die Richtung der Rotation, die dann immer von der positiv geladenen Platte über die Röntgenröhre zur negativ geladenen Platte geht. Ersetzt man die eine Condensatorplatte durch eine kleine Kugel und bringt die Röntgenröhre ganz nahe heran, so kann auch bei dielektrischen Körpern der Sinn der Rotation in der obigen Weise bestimmt werden. Schliefslich gelang es dem Verf. auch, die Drehungen ohne Condensator hervorzubringen, indem er die drehbaren Körper einfach in der Luft dem Einflufs der Röntgenstrahlen aussetzte. Die Drehungen hörten sofort auf, wenn selbst für die Strahlen durchlässige Körper zwischengestellt wurden. Die Erscheinungen erklären sich in der Weise, dafs die negative Ladung auf der Oberfläche der Röntgenröhre durch die leitend gemachte Luft auf den Körper übertragen wird und dann diesen elektrostatisch abstöfst; auf der entgegengesetzten Seite werden die Ladungen durch die Luft wieder fortgeführt. Die oben gegebene Regel findet dadurch auch ihre Erklärung. Grätz ist der Ansicht, dafs die durch Kathodenstrahlen erzeugten Drehungen, die, wie die Beobachtung lehrt, nicht an das Auftreten dieser Strahlen allein gebunden sind, auch auf elektrostatischen Ladungen und Abstofsungen, nicht aber auf den Stofs der in den Strahlen bewegten Teilchen zurückgeführt werden müssen. *Schk.*

Becquerelstrahlen. Nach den Untersuchungen Curies sendet das Radium zwei verschiedene Arten von Strahlen aus, von denen die einen leicht absorbierbar und vom Mag-

neten nicht ablenkbar, die anderen durchdringender sind und stark abgelenkt werden (*d. Zeitschr. XIII, 105*). Die Absorption der letzteren durch verschiedene Substanzen wurde von Strutt untersucht (*Nature Vol. 61, S. 539, 1900*). Zur Messung der Strahlungsintensität diente die Veränderung, welche die Leitfähigkeit der Luft nach dem Durchgang der Strahlen durch die Substanzen erfuhr. Strutt untersuchte die Absorption durch die wichtigsten Metalle, durch Glimmer, Glas, Ebonit, Papier, schweflige Säure u. s. w. Es stellte sich heraus, dafs der Absorptionscoëffizient mit der Dichte zunimmt, wenn auch nicht genau proportional derselben; doch ist die Annäherung daran nahezu dieselbe, wie Lenard sie für Kathodenstrahlen fand. Allerdings sind die Absorptionscoëffizienten der letzteren über 500 mal so grofs, als die der ablenkbaren Radiumstrahlen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen steht in engem Zusammenhange mit der Gröfse ihrer Ablenkung durch den Magneten. Ist diese in Luft stärker als im leeren Raum, so mufs auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in beiden verschieden sein. Becquerel, der diese Frage untersuchte, konnte eine verschiedene Ablenkbarkeit nicht wahrnehmen. (*C. R. CXXX, 206: 1900*). Auch ein Vergleich der von verschiedenen Radiumsalzen (Karbonaten und Chlorüren) ausgehenden Strahlen, deren Intensität sehr von einander abwich, zeigte keinen Unterschied in der Ablenkbarkeit. Daraus geht hervor, dafs auch die Geschwindigkeit der verglichenen Strahlenarten die gleiche ist.

Die Strahlen, welche sich normal zu einem gleichförmigen Magnetfelde fortpflanzen, beschreiben eine geschlossene Kurve, die sie auf ihren Ausgangspunkt zurückführt. Becquerel zeigte das durch folgenden Versuch. Eine photographische Platte wird, mit der Schichtseite nach unten, parallel zu den Kraftlinien in ein Magnetfeld gebracht. Sehr nahe dem Rand der Platte, der in der Mitte des Feldes liegt, wird auf ihre obere Seite eine Bleiplatte, auf diese die aktive Substanz gelegt. Bei Erregung des Magneten wird die Strahlung nach aufsen geworfen, und man beobachtet gerade unter der Strahlungsquelle auf der Platte den Eindruck der Strahlen, die also hierher zurückgeführt sind. Bringt man verschiedene Schirme in den Weg der Strahlen, so zeigt sich ihr Schatten auf der Platte, und man erkennt, dafs die normal zum Felde verlaufenden Strahlen unter die Quelle selbst, die schrägen Strahlen nach der durch die Quelle gehende Feldaxe zurückgeführt werden. Stellt man neben die horizontale Platte eine vertikale, deren Ebene nach oben und unten über die erste hinausragt, so erhält man einen Schnitt durch alle Strahlenkurven, die sie treffen, und man erkennt auch, dafs diese nach der durch die Quelle gehenden Axe zurückgeführt werden.

Die Erscheinungen erklären sich unter der Annahme, dafs sich ebenso wie bei den Kathodenstrahlen, negative elektrische Massen mit grofser Geschwindigkeit durch das Magnetfeld bewegen. In einem gleichförmigen Felde werden die normal zum Felde gehenden Strahlen zu Kreisen, die durch die Quelle gehen und die ursprüngliche Richtung der Strahlen berühren; die Kreise haben alle denselben Radius R, dessen Wert umgekehrt proportional der Feldstärke ist. Für Strahlen, die mit der Feldrichtung einen Winkel α bilden, ist die Kurve eine Schraubenlinie, die sich um einen Cylinder windet, dessen Radius $R \sin \alpha$, dessen Axe parallel zur Feldaxe ist. Die Schraubenlinie verläuft in der Richtung des Uhrzeigers, wenn die Strahlen der Feldrichtung folgen — oder beides umgekehrt. Eine genauere Betrachtung des Strahlenganges zeigt, dafs der Eindruck auf der horizontalen Platte ein Ellipsenbogen wird, deren Axen von R abhängig sind. In einem Felde von 4000 C-G-S hatte R einen Wert von 3,7 mm. Wenn die Strahlung homogen wäre, so müfsten die Eindrücke am äufsern Rande scharf, am innern Rande diffus sein. Thatsächlich ist aber der äufsere Rand sehr diffus, und die Diffusion wird um so gröfser, je schwächer das Feld und je gröfser R wird. Diese Diffusion ist durch eine Dispersion zu erklären, die die Strahlen von verschiedener Ablenkbarkeit durch das magnetische Feld erleiden. Schirme von Aluminium und Kupfer zeigten in verschiedener Entfernung von der Strahlungsquelle eine verschiedene Durchlässigkeit. Aus der Formel $\frac{m}{e} \cdot v = H \cdot R$, in der $\frac{m}{e}$ das Verhältnis der Masse zur Ladung, v die Geschwindigkeit, H die Feldstärke, R den erwähnten Radius be-



deutet, ergiebt sich $\frac{m}{e} \cdot v = 1500$, ein Wert, der dieselbe Gröfsenordnung hat, wie die von Thomson, Wien und Lenard bestimmten Werte bei Kathodenstrahlen. Das spricht ebenfalls für die Ähnlichkeit beider Strahlenarten.

Die Dispersion der Radiumstrahlen im magnetischen Felde machte Becquerel zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung (*C. R. CXXX. 372; 1900*). Die vorhin beschriebene Versuchsanordnung änderte er in der Weise ab, dafs er die photographische Platte nicht mehr mit schwarzem Papier umgab, dafür aber, zur Verhinderung der Phosphorescenzwirkung des Radiumsalzes, dieses in dem 1 mm grofsen Loche eines Kartenblattes befestigte, und in ein kleines Bleigefäfs brachte, das dann auf die Gelatine der horizontal im Felde liegenden photographischen Platte gelegt wurde. Natürlich mufsten die Versuche in der Dunkelkammer bei rotem Licht angestellt werden. Ferner wurden die Polschuhe des Elektromagneten bedeutend vergröfsert, so dafs die Wege der Strahlen stets innerhalb des gleichförmigen Feldes blieben.

Der Weg der Strahlen wurde durch die Form des Schattens festgestellt, den kleine Schirme auf der Platte warfen; die Gröfse und Schärfe des Schattens ist um so gröfser, je länger der Weg des betreffenden Strahles ist. Legt man auf die Gelatine Streifen verschiedener Stoffe (Papier, Glas, Glimmer, Aluminium, Kupfer, Blei) so werden die Eindrücke auf der Platte in ungleichen Entfernungen von der Quelle aufgehalten, während ohne Schirm der Eindruck bis in eine unmittelbare Nachbarschaft der Quelle reicht. Legt man dagegen den Schirm nicht auf die Platte, sondern auf das Bleigefäfs mit dem Radium, so breitet sich die photographische Wirkung ebenfalls bis zur Quelle aus, und es scheint, dafs der Schirm dann für Strahlen durchläfsig ist, die er aufhält, wenn er auf der Platte liegt. Die Intensität der Strahlen wird durch die Schirme mehr oder weniger verringert; aber wenn diese sehr nahe der Quelle sind, so breitet sich die Wirkung, wenn auch geschwächt, bis zur Quelle selbst aus und zeigt dadurch, dafs auf der Platte Strahlen jeder Art, wenig oder sehr ablenkbare ankommen. Eine plausible Erklärung dieser und ähnlicher Erscheinungen konnte der Verf. noch nicht geben. Indessen scheint die Erscheinung, die man beobachtet, wenn die Schirme auf der Platte selbst liegen, von einer elektiven Absorption der Strahlen herzurühren und giebt dann das Absorptionsspektrum jedes Schirms für ungleich abgelenkte Strahlen. Der Verf. bestimmte die untere Grenze des Produkts $H \cdot R$ für die von verschiedenen Schirmen durchgelassenen Strahlen. Es ergab sich daraus, dafs z. B. Papier nicht mehr die ablenkbarsten Strahlen durchläfst, deren Krümmungsradius in einem Felde von 1000 C.-G.-S. unter 6,5 mm liegt, während für Glas in demselben Felde die durchgelassenen Strahlen Radien gröfser als 11 mm haben. Auch diese Zahlen sind von derselben Gröfsenordnung wie die für Kathodenstrahlen gefundenen, indem die ablenkbarsten Strahlen, für die $H \cdot R$ oder das Produkt $\frac{m}{e} v$ am kleinsten ist, zugleich am stärksten absorbiert werden.

Wahrscheinlich treten bei den beobachteten Absorptionserscheinungen auch sekundäre Strahlen auf, ähnlich den von Sagnac beobachteten S. Strahlen. Diese, namentlich von Villard und Dorn vertretene Anschauung wurde von Becquerel ebenfalls geprüft und durch verschiedene Ergebnisse bestätigt gefunden (*C. R. CXXX 979*). Der Schatten eines in den Gang der Strahlen gebrachten Gegenstandes änderte sich sehr wesentlich, wenn die Strahlen vorher einen dünnen Aluminiumschirm passierten. Befand sich der Schirm nahe der Strahlungsquelle, so war der Schatten eines 2 cm entfernten Drahts noch relativ scharf; berührte der Schirm den Draht, so verschwand der Schatten fast ganz, ein Beweis, dafs jetzt von dem Schirm selbst diffuses Licht ausging. Es geht daraus ebenfalls hervor, dafs die Absorption mit der Entfernung zunimmt, die Strahlen also um so weniger durchdringend sind, je weiter der von ihnen in Luft zurückgelegte Weg ist. Bei dem letzten Versuch wurde die Gesamtstrahlung des Radiums benutzt. Nahm man nur die im Magnetfelde abgelenkten Strahlen, so zeigte sich, dafs beim Durchgang durch verschiedene Schirme wenigstens ein Teil der sekundären Strahlen nicht mehr abgelenkt wurde.



Die von Becquerel auf photographischem Wege gefundenen Dispersionserscheinungen der Radiumstrahlen im Magnetfelde lassen sich nach St. Meyer und E. v. Schweidler, wenigstens qualitativ, auch mittels des Platincyanürschirms zeigen (*Wiener akad. Anzeiger, 1900, S. 55; Naturwiss. Rdsch. XV, 254*). Einen in einiger Entfernung von der strahlenden Substanz befindlichen Schirm durchdringen die weniger abgelenkten Strahlen schwerer, als wenn er unmittelbar vor der Substanz angebracht ist. Ein von de Haen hergestelltes Präparat, das seine ursprüngliche Fähigkeit des Selbstleuchtens durch Liegen an feuchter Luft vollständig verloren hatte, wirkte auf den Leuchtschirm ebenso stark wie vorher und zeigte deutliche Ablenkung seiner Strahlen im Magnetfelde. Auch bei einer Abkühlung verschiedener Radiumpräparate bis zur Temperatur der flüſsigen Luft war keine Abnahme der Wirkung auf den Leuchtschirm wahrzunehmen.

Schon mehrfach hatten wir auf die Ähnlichkeit zwischen Becquerelstrahlen und Kathodenstrahlen hingewiesen. Die ablenkbaren Strahlen des Radiums scheinen mit den Kathodenstrahlen in der That ganz gleichartig zu sein, da sie auch, ebenso wie diese, negative Ladungen mit sich führen. Dem Ehepaar Curie gelang zuerst der Nachweis, daſs ein die Strahlen absorbierender Leiter eine schwache negative Ladung erhält (*C. R. CXXX, 647; 1900*). Um jedes Entweichen der Elektrizität zu verhindern, wurde die Metallscheibe MM zugleich mit dem zum Elektrometer führenden Metalldraht vollständig in eine isolierende Masse eingebettet; das Ganze befand sich wieder in einer Metallhülle, die zur Erde abgeleitet war. Das radioaktive Baryumsalz liegt in einem Bleitrog; die von ihm ausgehenden Strahlen durchdringen eine isolierende Schicht (p) und werden von einer Metallscheibe absorbiert. Diese ist dann der Sitz einer continuierlichen Entwickelung negativer Elektrizität, die man in dem Elektrometer feststellen und messen kann. Der so erzeugte Strom ist sehr schwach. Mit einem sehr aktiven Radiumpräparat von 2,5 qcm Oberfläche und 0,2 cm Dicke erhielt man einen Strom der Gröſsenordnung von 10^{-11} Amp. Nahm man für die Scheibe Blei, Kupfer oder Zink, für die isolierende Substanz Ebonit oder Paraffin, so erhielt man immer das gleiche Ergebnis.

Die Verff. stellten ferner den umgekehrten Versuch an, der darin bestand, daſs der Bleitrog mit dem Radium in die Mitte der isolierenden Masse gebracht und selbst mit dem Elektrometer verbunden wurde, während das Ganze von einer zur Erde abgeleiteten Metallhülle umgeben war. Unter diesen Bedingungen beobachtete man, daſs das Radium eine positive Ladung besitzt, die an Gröſse der negativen Ladung in dem ersten Versuch gleich ist.

Die nicht ablenkbaren Strahlen des Radiums kommen bei diesen Versuchen nicht in Betracht, da sie schon von der sehr dünnen Schicht p absorbiert werden. Aus demselben Grunde eignet sich die Methode nicht zur Untersuchung der Strahlen des Poloniums, bei denen sich auch keine Ladung nachweisen lieſs. Da man bis jetzt niemals elektrische Ladungen kennen gelernt hat, die nicht an eine ponderable Materie gebunden waren, so muſs man es als wahrscheinlich ansehen, daſs das Radium der Sitz einer constanten Emission negativ elektrisierter Teilchen ist, die, ohne sich zu entladen, leitende oder dielektrische Schirme durchdringen.

Das Vorhandensein elektrischer Ladungen in den Radiumstrahlen wurde von Becquerel dadurch bestätigt, daſs es ihm gelang, die elektrostatische Ablenkung der Strahlen zu messen (*C. R. CXXX, 809; 1900*). Er erzeugte zwischen zwei um 1 cm von einander entfernten Kupferplatten ein sehr intensives elektrisches Feld und lieſs ein breites Strahlenbündel das Feld durchsetzen. Die eine Platte war mit der Erde, die andere mit einer Batterie von 6 Leydener Flaschen, einem Elektrometer und einer Influenzmaschine verbunden; gleichbleibender Ausschlag des Elektrometers zeigte die Constanz der Ladung an. Durch eine Umschaltvorrichtung konnte während des Versuchs das Feld umgekehrt werden. Die radioaktive Substanz befand sich unterhalb des Feldes in einem kleinen Bleitrog, bedeckt mit einer Bleiplatte, in der sich ein 1,5 mm breiter Spalt befand; das hier austretende Strahlenbündel fiel in die Medianebene des Feldes. In die Mitte des Spalts wurde der Länge nach



ein sehr dünner, mit Stanniol belegter und isolierter Schirm aus Glimmer gebracht, der über die Grenzen des Feldes hinaus, bis nahe an die über demselben horizontal liegende, in schwarzes Papier gehüllte, photographische Platte heranreichte und auf dieser einen geradlinigen, breiten Schatten warf. Ist das Strahlenbündel abgelenkt, so wird ein Teil desselben von dem Schirm aufgehalten, und dieser wirft auf die Platte einen Schatten, dessen Richtung den Sinn der Ablenkung anzeigt und dessen Grenze der Ablenkung der am wenigsten ablenkbaren Strahlen entspricht. Durch Halbschatten und Dispersion wird diese Grenze diffus. Die Strahlen werden stets von der negativen Condensatorplatte abgestofsen, müssen also negative Ladungen enthalten. Ebenso wie im magnetischen Felde zeigen im elektrischen die Strahlen eine Dispersion; sie bestehen also aus verschiedenen Strahlenarten. Bei Umkehrung des Feldes sind die Ablenkungen auch umgekehrt; durch Bedecken eines Teils der photographischen Platte mit einem undurchsichtigen Schirm, konnte man auf derselben Platte beide Ablenkungen nach entgegengesetzten Richtungen erhalten.

Bei einem Felde von ungefähr $1{,}02 \times 10^{12}$ C. G. S. (10 200 Volt zwischen beiden Platten) betrug die Ablenkung des Schattens etwa 0,4 cm. Aus dieser Zahl und der früher gemessenen Krümmung der Strahlenbahnen in einem bestimmten magnetischen Felde, läfst sich die Geschwindigkeit v der geladenen Teilchen und das Verhältnis ihrer Masse zur Ladung (m/e) berechnen. Hierbei müssen natürlich in beiden Feldern einander genau entsprechende Strahlenarten benutzt werden. Da das die photographische Platte einhüllende schwarze Papier bei beiden Versuchen die ablenkbarsten Strahlen absorbiert, so ist es wahrscheinlich, dafs der Rand des Schattens im elektrischen Felde Strahlen derselben Art enthält wie der am wenigsten abgelenkte Rand der Gegend der gröfsten Durchlässigkeit des im Magnetfelde vom schwarzen Papier erhaltenen Spektrums. Ein besonderer Versuch bestätigte die Zulässigkeit dieser Annahme und führte zu dem Ergebnis, dafs die Strahlen, deren elektrische Ablenkung in einem Felde von $1{,}02 \times 10^{12}$ C.G.S. 0,4 cm betrug, merklich dieselben sind, für die im Magnetfelde das Produkt $H \cdot R$ ungefähr 1600 war. Becquerel erhielt daraus die Geschwindigkeit $v = 1{,}6 \cdot 10^{10}$, $m/e = 10^{-7}$. Diese Zahlen sind von ganz derselben Gröfsenordnung wie die für Kathodenstrahlen gefundenen. Combiniert man sie mit dem von Herrn und Frau Curie bestimmten Wert der Ladung, so kann man eine Vorstellung von der Gröfse der von der Strahlung transportierten Energie erhalten. Becquerel berechnet diese daraus zu 5,1 C.G.S. pro qcm/sek, das sind also nur einige Zehn-Millionstel Watt. Aus dem Wert $m/e = 10^{-7}$ kann man schliefsen, dafs dieser Verlust an Energie entsprechen würde einer Ausstrahlung von etwa einem Milligramm Materie in einer Milliarde Jahren. Die von den radioaktiven Substanzen ausgestrahlte Energie kann also wohl der Materie selbst entlehnt sein, ohne dafs man eine Gewichtsverminderung wahrzunehmen braucht.

Auch Dorn gelang es, die elektrostatische Ablenkung der Becquerelstrahlen nachzuweisen und sie auf einem Baryumplatincyanürschirm dem Auge sichtbar zu machen (*Physikal. Zeitschr. I. 338; 1900*). Die Anordnung war ähnlich wie bei Becquerel, nur dafs an die Stelle der photographischen Platte der Leuchtschirm trat. Die Platte des Condensators, nach welcher der Lichtschein hinwanderte, erwies sich stets als positiv; die Verschiebung liefs sich auf ungefähr 2—3 mm schätzen, was mit einer vom Verfasser angestellten Rechnung übereinstimmte. Entsprechend einer von Lenard für Kathodenstrahlen gemachten Beobachtung gaben auch die Radiumstrahlen eine Zunahme der Fluorescenz, wenn sie sich gegen die Kraftlinien des Feldes bewegten, eine Abnahme bei umgekehrter Richtung.

Zeigten die Ladungen der Radiumstrahlen eine Übereinstimmung mit längst bekannten Eigenschaften der Kathodenstrahlen, so fand Villard, dafs eine von ihm neu festgestellte Eigenschaft der Kathodenstrahlen, nämlich eine Art Brechung beim Durchgange durch dünne Metallplatten, den Radiumstrahlen ebenfalls zukommt (*C. R. CXXX, 1010; 1900*). Villard hatte beobachtet, dafs ein Bündel Kathodenstrahlen, das auf eine unter 45° gegen die Strahlenaxe geneigte Metallplatte (Antikathode) fiel, von dieser nicht nur diffus zurückgeworfen wurde, sondern dafs von der Platte ein neues scharfbegrenztes Strahlen-



bündel ausging, dessen Richtung senkrecht zu der Platte stand. War die Platte sehr dünn, (Magnesium oder Aluminium von 0,02 mm), so erhielt man mit intensiven und sehr conzentrierten einfallenden Strahlen ebenfalls ein durchgehendes scharf begrenztes Bündel, dessen Richtung normal zu der Platte stand. Scheinbar giebt es also eine Brechung; in Wirklichkeit dürften beide Erscheinungen als durch neue Emission sekundärer Strahlen entstanden betrachtet werden. Der Versuch zeigte, dafs die ablenkbaren Strahlen des Radiums sich auch in dieser Beziehung gerade wie die Kathodenstrahlen verhielten. Das in einer Bleiröhre befindliche strahlende Chlorbaryum sandte einen Strahlenkegel von etwa 20° Öffnung aus; in 2—3 mm Entfernung traf dieser auf eine kleine Aluminiumplatte von 0,3 mm Dicke, die unter 45° gegen die Kegelachse geneigt und so gestellt war, dafs sie die Hälfte des Strahlenbündels auffing, während die andere Hälfte an ihr vorbei ging. Das Ganze lag auf einer in doppeltes schwarzes Papier eingehüllten photographischen Platte, die somit von dem Strahlenbündel gestreift wurde. Der auf der Platte hervorgerufene Eindruck zeigte, dafs das Halbbündel, welches das Aluminium durchdrungen hatte, anstatt seinen Weg in gerader Linie fortzusetzen, einer zu der Platte genau senkrechten Richtung folgte. Diese „Brechung“ war von einer starken Diffusion begleitet. Bei Wiederholung des Versuchs unter verschiedenen Bedingungen beobachtete Villard die Superposition eines geradlinigen Bündels über das gebrochene. — Der Versuch schliesst sich an die oben beschriebenen Beobachtungen Becquerels über sekundäre Strahlung an.

Zu den bereits bekannten radioaktiven Bestandteilen der Pechblende, dem Radium und Polonium glaubt Debierne darin noch einen dritten Stoff mit Strahlungsfähigkeit gefunden zu haben, den er „Actinium“ nennt (*C. R. CXXX, 906; 1900*). Das Actinium unterscheidet sich in einigen chemischen Reaktionen von Radium und Polonium und scheint ein Element zu sein, das dem Thorium nahe steht. Die von ihm ausgehenden Strahlen zeigen dieselben Eigenschaften wie die der andern radioaktiven Substanzen: sie werden ebenfalls vom Magneten abgelenkt, haben negative Ladungen und erzeugen auf andern Körpern schwache induzierte Radioaktivität.

Am Schlusse unseres letzten Berichts über Thorstrahlung (*d. Zeitschr. XIII, 106*) wurde die Beobachtung Rutherfords erwähnt, dafs die von ihm entdeckte „Emanation“ radioaktiver Teilchen die Fähigkeit besitzen sollte, allen Stoffen, auf die sie fällt, Radioaktivität zu verleihen. Dafs es sich hierbei in der That um die von Curie auch bei Radium entdeckte induzierte Radioaktivität handelt, wird durch weitere Versuche Rutherfords erwiesen (*Phil. Mag. 49. 161; 1900*). Der Verf. benutzte wieder seine elektrische Methode. Von zwei horizontalen isolierten Condensatorplatten war die untere mit dem positiven Pol der elektrischen Batterie, die obere mit dem Elektrometer verbunden. Bedeckte man die erste mit einer Schicht Thoroxyd, so wurde die Luft zwischen den Platten leitend, und das Elektrometer zeigte einen Strom an. Entfernte man nach einiger Zeit die mit Thoroxyd bedeckte Platte und ersetzte sie durch eine gewöhnliche andere, so blieb der Strom bestehen, nahm aber langsam ab und verschand nach einigen Tagen. Jetzt machte also die zweite Platte die Luft gerade so leitend, als wenn sie mit einer Schicht Thoroxyd bedeckt gewesen wäre. Staubförmige Teilchen davon liefsen sich auf ihr nicht nachweisen. Die Wirkung blieb auch bestehen, wenn die Platte in 30 Schichten Papier eingehüllt war.

Liegt das Thorpräparat in keinem elektrischen Felde, so erhalten alle in der Umgebung befindlichen Stoffe induzierte Radioaktivität. Dagegen geht diese in einem elektrischen Felde nur auf den negativ geladenen Körper über. Man hat hierin ein Mittel, die Radioaktivität auf negativ geladene kleine Platten und dünne Drähte zu conzentrieren. Es gelang dem Verf., in einem geschlossenen Metallkasten die Wirkung einer dicken, 25 qcm grofsen Schicht Thoroxyd so auf einen dünnen Platindraht zu conzentrieren, dafs dieser eine 20 mal so grofse entladende Wirkung zeigte als die Schicht direkt.

Die von Rutherford entdeckte „Emanation“ steht mit dem induzierten Strahlungsvermögen in engstem Zusammenhang. Je gröfser der Betrag der Emanation, um so gröfser ist auch die induzierte Strahlung. Unter allen Thorverbindungen sind beide Wirkungen am



stärksten bei Thoroxyd. Eine dünne Schicht davon giebt geringe Emanation und geringe Radioaktivität. Beide Wirkungen gehen durch dünne Metalle und durch Papierschichten hindurch. Luftströme entfernen die Emanation und verringern die Stärke der induzierten Strahlung; diese ist daher in geschlossenen Gefäfsen gröfser als im offenen Raum, wo leicht ein Luftzug entsteht. Wird das Thoroxyd stark erhitzt, so nehmen Emanation und Induktionswirkung erheblich ab.

Nach diesen Beobachtungen dürfte das induzierte Strahlungsvermögen von der Emanation abhängen; dagegen wird es nicht von der direkten Strahlung beeinflufst. Während 2—3 Lagen Papier die gewöhnliche Strahlung aufhalten, lassen sie die induzierte ohne wesentliche Verminderung hindurch. Beim Durchgang durch 1—6 Aluminiumblätter zeigten die direkten Strahlen eine weit stärkere Abnahme ihrer Wirkung als die auf einer Zinkplatte induzierten; diese sind also die durchdringenderen. Auch die Absorption in Luft ist weit gröfser bei allen anderen sowohl von Thorverbindungen als auch von Uran, Radium und Polonium ausgehenden Strahlen; für ursprünglich gleich intensive Strahlen war in 2 cm Entfernung von der strahlenden Schicht z. B. der von Uran erzeugte Strom 5, der vom Thor erzeugte 25, der von induzierter Strahlung erregte 43. Kupfer, Blei, Platin, Aluminium, Zink, Messing, Papier senden induzierte Strahlen gleicher Art aus; die Beschaffenheit der Oberfläche ist dabei gleichgiltig.

Wird ein Körper der Wirkung des Thoroxyds ausgesetzt, so wächst die induzierte Strahlungsfähigkeit zuerst proportional der Zeit, dann langsamer und erreicht nach einigen Tagen Exposition ein Maximum. Die Menge der in einer bestimmten Zeit auf einem geladenen Körper erzeugten Radioaktivität wächst mit der Spannung, erreicht aber für hohe Spannungen einen constanten Wert. Wird der radioaktiv gemachte Körper aus dem Bereich des Thoroxyds entfernt, so nimmt die Stärke der induzierten Wirkung in geometrischer Progression mit der Zeit ab. Innerhalb 11 Stunden sank sie auf ihren halben ursprünglichen Wert.

Eine Verminderung des Gasdrucks von 760 bis auf 16 mm hatte auf die Stärke der induzierten Strahlung nur geringen Einflufs. Bei Drucken von 16—4,5 mm begann diese sich zu verringern, bei 0,45 mm war sie nur noch $^1/_{20}$ ihres Wertes bei Atmosphärendruck. Die Art des Gases (Luft, Wasserstoff, Kohlensäure) hatte keinen Einflufs. Eine Gewichtszunahme des strahlend gemachten Körpers war nicht zu bemerken. Ein strahlend gemachter Platindraht wurde durch eine Flamme, durch Wasser oder Salpetersäure nicht verändert. Salzsäure und Schwefelsäure dagegen entfernte die radioaktive Oberfläche; in der verdampften Lösung blieb ein aktiver Rest zurück. Auch durch Abreiben mit Sandpapier wurde die Strahlungsfähigkeit vernichtet.

Unter den Erklärungsversuchen, die Rutherford für das induzierte Strahlungsvermögen giebt, sei hier nur die Hypothese erwähnt, die er selbst für die wahrscheinlichste hält. Danach sind es radioaktive Teilchen, die von den strahlenden Körpern ausgehen und sich auf den induzierten Körpern abgelagert haben. Diese Teilchen erhalten in dem Gase eine positive Ladung. Da sich in einem elektrischen Felde die negativen Ionen rascher bewegen als die positiven, so ist stets ein Überschufs an positiven Ionen vorhanden, die in dem Gase etwa vorhandene Teilchen positiv zu laden streben werden. Die so positiv geladenen Teilchen conzentrieren sich dann natürlich an der negativen Elektrode. Man mufs annehmen, dafs bei niedrigen Drucken keine ausreichende Anzahl von Ionen mehr vorhanden ist, um die Teilchen zu laden, die dann nach allen Richtungen zerstreut werden. *Schk.*

---

3. Geschichte.

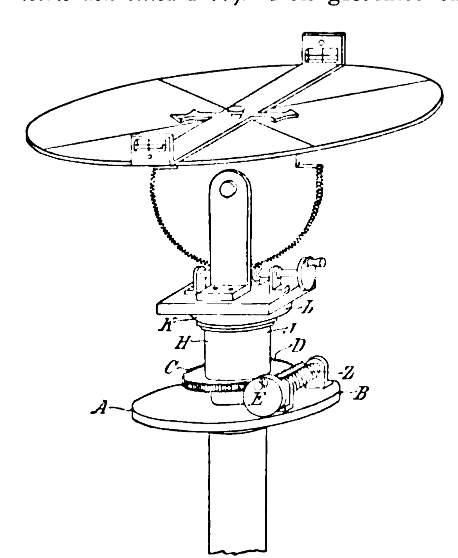
Der Ursprung des Wortes Element. Unter dem Titel Elementum hat H. Diels eine Monographie über dieses Wort bei B. G. Teubner in Leipzig (1899, 93 S.) erscheinen lassen. In den Pr. Jahrb. (Oktober 1899) giebt P. Wendland einen Abrifs des Inhaltes der Schrift, woraus wir das Nachstehende entnehmen. Das griechische Wort für Element ist *στοιχεῖον*. Das Stammwort *στοῖχος* bedeutet eine Reihe, seien es Soldaten, Glieder eines Chors, reihenweis gelagerte Ziegel, oder endlich Buchstaben. *στοιχεῖον* heifst ein einzelnes Glied solcher



Reihe. Die Philosophen, die diesen Ausdruck zuerst von den Urstoffen brauchen, vergleichen diese mit den Buchstaben. Wie aus den Buchstaben die Worte und der ganze Reichtum der Sprache sich zusammensetzt, so aus den Elementen unser Leib und die ganze bunte Erscheinungswelt. Doch findet sich bei den ersten griechischen Denkern das Wort *στοιχεῖον* noch nicht in diesem Sinne, obwohl sie die Sache kannten; sie sprechen bald von Wurzeln des Seins, bald von Gründen, Keimen, Gestalten, Ideen, Atomen. In der Schule Platos erst wurde der Terminus geschaffen und durch die Autorität des Aristoteles zu allgemeiner Anerkennung gebracht.

Die Geschichte des römischen Wortes *elementum* läuft mit der des griechischen parallel. Auch hier ist die ursprüngliche Bedeutung nicht „Grundbestandteil“, sondern „Alphabet“. Lucretius im 1. Jahrhundert v. Chr. wendet die Buchstaben (*elementa*) als stehendes Bild an, um durch die Mannigfaltigkeit ihrer Zusammensetzungen die unendliche Fülle der Atomverbindungen verständlich zu machen. Der bildliche Gebrauch führt, wie häufig, zur Prägung eines festen Begriffs, die *elementa* sind nunmehr die Atome. An Lucrez knüpft Cicero an, wenn er die vier Urstoffe Elemente nennt. Doch ist in dem Jahrhundert nach Cicero der Gebrauch des Wortes noch auffallend selten, und namentlich tritt die physikalische Bedeutung zurück. Für den Ursprung des Wortes *elementum* giebt H. DIELS folgende allerdings stark angefochtene Erklärung: Im Altertum gab man den Kindern, um ihnen spielend die Elemente zu lehren, Elfenbeinbuchstaben in die Hand. Griechische Schulmeister werden die Sitte nach Italien verpflanzt haben. Mit dem griechischen *elephas* bezeichneten die Römer nicht nur das Thier, sondern auch das von seinem Zahn herrührende Elfenbein. Von diesem Wort oder den lautlich auch in griechischen Dialekten vorauszusetzenden Nebenformen *elebas*, *elemas* wird *elementum* zur Bezeichnung des elfenbeinernen Buchstabens abgeleitet sein. Das Bedürfnis nach einer passenden Übersetzung des griechischen *στοιχεῖον* hat Lucrez und Cicero veranlafst, das Wort aus der Schulstube in die Litteratur einzuführen und seine Bedeutung in derselben Weise zu erweitern, wie dies einst bei dem griechischen Worte geschehen war. *P.*

Die Dioptra des Heron. Ein von Heron von Alexandria beschriebenes Visier- und Nivellierinstrument ist zuerst 1814 durch Venturi bekannt geworden (*Comm. sopra la storia e le teorie dell' ottica I 77*). Den griechischen Text hat Vincent 1858 publiciert. Auf Grund der englischen in Paris aufgefundenen ältesten Handschrift hat HERMANN SCHÖNE, der Mitherausgeber der neuen Gesamtausgabe des Heron, einen neuen Versuch der Reconstruktion des interessanten Instruments im *Jahrbuch d. k. deutschen archaeolog. Instituts* (*Bd. XIV, 1899, Heft 3*) veröffentlicht. Danach war das Visierinstrument folgendermafsen eingerichtet. Auf einen Ständer, der auf drei Füfsen steht, ist eine kreisförmige Platte AB mittels eines Zapfens aufgesetzt und durch Stifte befestigt. Das Zahnrad CD, von kleinerem Durchmesser als die Platte, und durch einen Ring von dieser getrennt, läfst sich durch die Schnecke EZ um eine vertikale Achse drehen. Auf das Zahnrad folgt ein Cylinder HJ, dann ein Kapitell KL, darauf eine Plinthe, auf der zwei grofse Lagerböcke befestigt sind; zwischen diesen dreht sich in zwei kleinen Lagerböcken eine zweite Schnecke und greift in ein halbkreisförmiges Zahnrad ein, dessen



Achse sich in den grofsen Lagerböcken dreht. Mit dem oben genannten Zahnrade ist eine grofse horizontal liegende, kreisförmige Platte verbunden, in deren oberen Fläche zwei aufeinander senkrechte Durchmesser eingeritzt sind. Auf dieser Platte endlich ist ein Diopterlineal drehbar angebracht und mit zwei rechtwinklig dazu stehenden Zeigern

versehen. Da die Platte sich dem Text zufolge nicht nur neigen, sondern auch vertikal einstellen liess, so kann sie nicht unmittelbar auf dem halbkreisförmigen Zahnrade aufgesessen haben, vielmehr wird sich (wie die nach der Beschreibung entworfene Figur erkennen läfst) oben noch eine rechteckige Fortsetzung angeschlossen haben und an dieser erst wird die grofse Scheibe befestigt gewesen sein. Vermittelst der beiden Schnecken liefs sich die Platte mit dem Lineal sowohl um eine vertikale wie um eine horizontale Achse drehen und war demnach zur Lösung aller denkbaren Aufgaben der Feldmessung brauchbar. Ob an dem Diopterlineal ein Fadenkreuz angebracht gewesen ist, bleibt zweifelhaft; seine Länge hat vermutlich 4 Ellen betragen. Eine eigentümliche Einrichtung an der Schnecke EZ verdient noch besondere Erwähnung. In die Schraube ohne Ende, die den Hauptbestandteil bildet, war parallel zur Achse eine (demnach die Windungen durchschneidende) Rinne eingeschnitten. Stand diese Rinne den Zähnen des Rades CD gegenüber, so liefs sich der obere Teil des Instrumentes bequem annähernd einstellen; drehte man dann die Schnecke soweit, dass die Zähne des Rades in das eigentliche Schraubengewinde eingriffen, so konnte man vermittels der Schnecke nach Bedürfnis noch feinere Korrekturen ausführen. Man hat also hier das Urbild eines Theodolithen vor sich, an dem selbst eine Art von Mikrometerschraube nicht fehlte.

Statt des Visierlineals konnte auch eine besondere Nivelliervorrichtung aufgesetzt werden, wahrscheinlich auf eigener Plinthe, die unmittelbar auf das Kapitell des eben beschriebenen Apparates pafste. Der Hauptteil war eine Wasserwaage, aus einer Röhre bestehend, in deren beiden aufwärts gebogenen Enden zwei kurze Glasröhren eingekitttet waren. Die Röhre selbst war fest in ein balkenartiges Gehäuse eingelassen, die senkrecht herausragenden beiden Enden waren ebenfalls von Leisten umschlossen, längs denen sich ein Visierspalt vermittels einer Schraube auf- und abwärts bewegen liefs.

Zu dem Instrument gehörten endlich noch Richtlatten von etwa 10 Ellen Länge. Diese waren an der Vorderfläche mit einer schwalbenschwanzförmigen Nuth versehen, in der sich ein Schlitten auf- und abwärts schieben liefs. An den Schlitten war eine Kreisscheibe (obere Hälfte schwarz, untere weifs) befestigt, deren Gewicht durch eine an ihrer Rückseite angenagelte Bleiplatte noch erhöht war. Die Bewegung des Schlittens wurde durch eine Schnur vermittelt, die über eine Rolle am oberen Ende der Latte lief und an der hinteren Seite der Latte an einem Stift festgebunden werden konnte. Mit der Scheibe war noch ein Zeiger verbunden, der sich über einen Längenmafsstab an der Schmalseite der Latte bewegte. Endlich konnte die senkrechte Aufstellung der Latte durch ein Senkblei controlliert werden das bei richtiger Stellung genau auf eine darunter befindliche Marke einspielte.

Nach dem Urteil Cantors ist Heron, wenn er auch auf der Arbeit von Vorgängern fufst, der Begründer der antiken Feldmefskunst und Feldmefswissenschaft; auch die römische Feldmefskunst der Agrimensoren verdankt ihre Blüte dem Einflusse Herons und somit der Einwirkung griechischen Geistes, als dessen Schöpfung die vorstehend beschriebene Dioptra anzusehen ist. *P.*

---

4. *Unterricht und Methode.*

Die Nautik im Schulunterricht. In dem *Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. 1900 Nr. 1 und 2* hat Prof. B. Schwalbe einen im letzten Ferienkurs zu Berlin gehaltenen Vortrag über Berücksichtigung der Nautik im Schulunterricht auszugsweise veröffentlicht. Der Gegenstand mufs, unabhängig von seiner aktuellen Bedeutung, lediglich vom Gesichtspunkte des Unterrichts aus betrachtet werden. Es handelt sich wesentlich um die wissenschaftlichen Grundlagen der Nautik, diese können hauptsächlich nur in der Mathematik, Physik, Chemie und der alles umfassenden Geographie Anschluss finden. Für verschiedene Teile der Mathematik, insbesondere die ebene und spärische Trigonometrie, liefert die Nautik vortreffliche Beispiele, auch die astronomische Ortsbestimmung und die Zeitbestimmung mufs mit herangezogen werden. Als Hülfsmittel werden genannt: A. Richter, Trigonometrische Aufgaben mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen, Leipzig 1898; W. H. Preufs, Sammlung von

Aufgaben u. s. w. aus der rechnenden Nautik und ihren Hülfswissenschaften, Oldenburg 1899; F. Bolte, Neues Handbuch der Schiffahrtskunde mit Vorrede von Prof. Neumayer, Hamburg 1899.

Auch die Physik bietet fast in allen Teilen Anknüpfungen an die Nautik. Besonders hervorgehoben sind der Kompafs und die Kompensation auf eisernen Schiffen, die Messung der Tiefseetemperaturen, die Telegraphie ohne Draht, das akustische Signalwesen, der Sextant, Leuchtfeuer, Lichtsignale, Heliographen. In die Optik gehören ferner der Einflufs der Strahlenbrechung bei Höhenbestimmungen, die Luftspiegelungen, die Durchsichtigkeit der Luft, doch ist dabei immer die Überhäufung mit Material zu vermeiden, der Unterricht darf sich nicht in einzelne zusammenhanglose Mitteilungen und Experimente auflösen. Namentlich aber in den Aufgaben kann die Nautik unbedenklich herangezogen werden. Dahin gehören aus der Mechanik die Aufgaben über Druck in verschiedenen Tiefen, anschliefsend an die Tiefseelotung (unter Anknüpfung an das Mariottesche Gesetz). Schon in U. II kann bei der gleichförmigen Bewegung die Definition des Knotens und die Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit mit der Logge zur Sprache kommen (der Aufsatz enthält die Abbildung einer Logge nebst genauer Beschreibung ihres Gebrauchs). Für die Definition des Knotens ist es vorteilhaft von der Meridianteilung auszugehen. Es ist 1° des Meridians = 111 111 m, 1 Min. = 1852 m = 1 Seemeile (= $^1/_4$ geogr. Meile) = 10 Kabellängen, 1 Sek. = 30,86 m, 1 Terz = 0,514 m = 1 Knoten. Hieraus ist sofort ersichtlich, dass ein Schiff, wenn es in einer Sek. 1 Knoten fährt, in 1 Stunde 3600 Knoten = 1 Seemeile zurücklegt. Soviel Knoten in der Sekunde, soviel Seemeilen in der Stunde. Bei der Loggemessung hat man für Deutschland 15 Sek. = $^1/_{240}$ Stunde als Zeiteinheit genommen (die durch das wie ein Eikocher eingerichtete Loggeglas abgemessen wird); demgemäss beträgt die Länge der an der Logleine eingeflochtenen Knoten 1852 m / 240 = 7,71 m. Besonders zahlreiche Anlässe zu nautischen Beispielen liefert naturgemäss auch die Hydromechanik: Archimedisches Princip, Gesetze des Schwimmens Bedeutung des Ballastes, Einsinken in süfsem und salzigem Wasser u. a. m.

Für die Geographie ist wenigstens eine grosse Tiefseekarte an jeder Schule erforderlich, empfehlenswert auch Spezialkarten, wie die Haardtsche Karte der Antarktik (Wien, Hölzel), die Nordpolkarte von Ledroit (Leipzig, Lang), die Karten der Expedition der Valdivia u. a. Als weitere Hülfsmittel (auch für Schüler) werden schliefslich noch empfohlen: Nautik von Fr. Schulze, mit 56 Abbildungen (Göschensche Sammlung, 50 Pf.); das kleine nautische Jahrbuch für 1900 von W. Ludolph (Bremerhaven, 75 Pf.); Seeschiffahrt für Jedermann von E. Knipping (Hamburg, Niemeyer Nachf. 1898). —

Ebenfalls in den *Unterrichtsblättern* (1900 No. 2) ist ein Aufsatz von A. Richter (Wandsbek) über die Berücksichtigung des Seewesens im physikalischen Unterricht erschienen. Er enthält eine Zusammenstellung von Beispielen zur rechnenden Physik, und zwar hauptsächlich zur mathematischen Geographie. Die Krümmung der Erdoberfläche giebt u. a. Anlafs zur Reduktion des beobachteten Höhenwinkels eines Sternes, von dem man die Kimmtiefe zu subtrahieren hat, um die wahre Höhe zu erhalten. Ferner ergiebt sich aus der Kugelgestalt der Erde die Bestimmung der geographischen Breite durch die Polhöhe. Mifst man mit dem Sextanten den Höhenwinkel h eines Sternes während seiner Kulmination, so kann man unter Zuziehung seiner Deklination δ leicht die Polhöhe φ finden ($\varphi = \delta + 90^0 - h$). — Die Abplattung der Erde spielt eine Rolle bei Berechnungen nach Mondstellungen. Befindet sich ein Schiff unter 70° n. oder s. Breite, so ist die Horizontalparallaxe des Mondes (die am Äquator 60—62′ beträgt) um 11″ zu verkleinern. Die Gröfse der Erde ist bei Bestimmung der Höhenwinkel von Planeten in Betracht zu ziehen. Man findet im Nautischen Jahrbuch die Horizontalparallaxe z. B. des Jupiter für einen bestimmten Tag (z. B. für den 17. Mai 1900 in der Opposition) zu 22″ und daraus nach Tabellen desselben Jahrbuchs für einen gemessenen Höhenwinkel (50°) die zugehörige parallaktische Reduction (14″). — Mit der Achsendrehung steht die Zeitbestimmung in dem bekannten Zusammenhang. — Infolge der elliptischen Gestalt der Erdbahn schwankt der Sehwinkel des Sonnenradius zwischen 16′ 18″ und 15′ 45″, was bei der Bestimmung der Sonnenhöhe (Höhe des Sonnenmittelpunkts) zu berücksichtigen ist. — Die Zeitgleichung wird bei Bestimmung

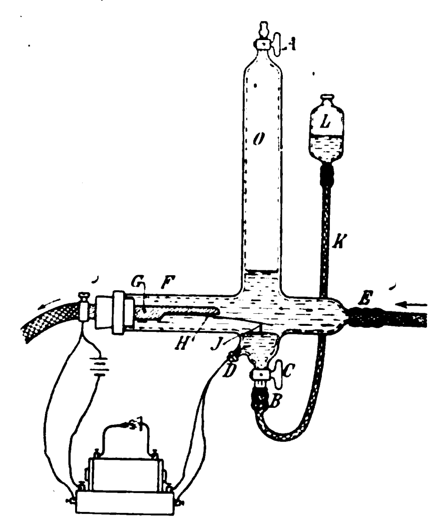


der geographischen Länge benutzt, indem die am Schiffschronometer abgelesene mittlere Greenwicher Zeit in wahre Gr. Zeit zu verwandeln ist.

Aus anderen Teilen der Physik kommen in der rechnenden Nautik zur Anwendung das Parallelogramm der Kräfte bei Bestimmung des wahren Weges eines Schiffes, wenn neben den Messungen mit Logg und Kompafs noch die Strömungen zu berücksichtigen sind; die Kenntnis des Erdmagnetismus bei Ermittlung der Deklination der Magnetnadel, wobei man sich auf die Lage des Südpunkts am Horizont, die bei untergehender Sonne aus der geographischen Breite erschlossen werden kann, zu stützen hat; endlich die atmosphärische Strahlenbrechung, wegen deren die gemessenen Höhenwinkel um einen Betrag zu vermindern sind, der bei 5° z. B. 9′ 45″ beträgt. Hierzu kommen noch Korrekturen für Temperatur und Luftdruck. Die gegebenen Beispiele lassen erkennen, an welchen Stellen des Unterrichts Hinweise auf die nautischen Verhältnisse eingeflochten oder wenigstens Andeutungen gegeben werden können. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Ein neuer Strom-Unterbrecher ist von E. Grimsehl in der *Physikal. Zeitschr.* (*I, 29. S. 323—24*) und in der *E. T. Z. 1900, Heft 24* beschrieben worden. Er zeichnet sich durch einfache Construktion und billigen Preis, sowie durch zuverlässiges Arbeiten auch bei Dauerbetrieb, durch geringe Betriebskraft und geringen Quecksilberverbrauch aus. Der Apparat besteht aus einem kreuzförmigen Glasrohr. Der obere Schenkel *O* ist durch einen Hahn *A* verschlossen, der untere Schenkel trägt einen Schlauchansatz *B* mit Hahn *C*, und überdies noch einen seitlichen Ansatz *D*, durch den ein Leitungsdraht eingeführt ist. Von den beiden horizontalen Schenkeln endet der eine in einen Schlauchansatz E, in den andern (*F*) ist eine Zungenpfeife *G* eingesetzt, dessen verlängerte Zunge *H* mit einem Platinstift *I* versehen ist. Durch den Schlauch *K* läfst man aus einer Quecksilberflasche *L* Quecksilber in den unteren Schenkel, bis der Stift *I* mit dem Quecksilber eben in Berührung kommt; der Schlauchansatz *E* dagegen wird mit der Wasserleitung verbunden. Bei schwacher Zuleitung fliefst das Wasser einfach durch die Zungenpfeife ab, wird aber durch weiteres Öffnen des Wasserleitungshahnes mehr Wasser zugeführt, so comprimiert es die im oberen Schenkel befindliche Luft, und bei einem gewissen Druck fängt die Zungenpfeife an zu tönen. Man reguliert nun den Wasserzuflufs so, dafs das Wasser im oberen Schenkel etwa 1—2 cm hoch steht, die Pfeife giebt dann einen Ton von ungefähr 100 Schwingungen und schwingt vermöge der Elastizität der in *O* befindlichen Luft fortdauernd weiter. Durch die damit verbundene Hebung und Senkung des Stiftes *I* wird ein durch *G* und *D* gehender elektrischer Strom periodisch geöffnet und geschlossen. Die Figur zeigt zwei Drahtpaare, von denen das eine an den Condensator eines Induktoriums angeschlossen ist, während in das andere die Stromquelle und die Primärspule hintereinander geschaltet sind.

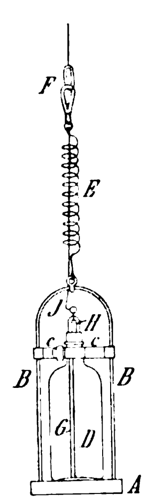


Der Unterbrecher ist auf einem kräftigen eisernen Stativ angebracht, das zugleich noch zwei aufgeschlitzte Ringe für die Quecksilberflasche trägt. Auf dem Grundbrett des Stativs sind noch ein Commutator sowie die Polklemmen für die Schaltung der Drähte angebracht.

Nach den Angaben des Erfinders ist die Unterbrechung nahezu vollkommen und plötzlich, Erhitzung und Verbrennung der Kontaktstelle wird durch das stetig zu- und abfliefsende Wasser gänzlich verhindert, etwa losgerissene und teilweise oxydierte Quecksilberteilchen werden von dem Wasser fortgespült, so dafs die Quecksilberoberfläche stets metallisch rein bleibt. Die weggeführten Quecksilberteilchen können in einem eingeschalteten

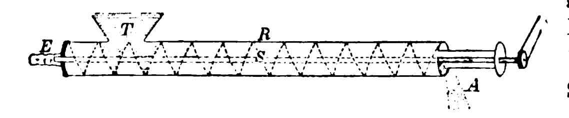
Sammelgefäfs aufgefangen werden, auch kann man das Niveau des Quecksilbers leicht während des Betriebes regeln, falls dies, meist erst nach stundenlangem Gebrauch, erforderlich ist. Infolge der grofsen Unterbrechungszahl sind die Bilder bei Röntgen-Durchleuchtungen aufserordentlich ruhig und stetig. Die Herstellung des gesetzlich geschützten Unterbrechers hat der Universitätsmechaniker W. Apel in Göttingen übernommen. *P.*

Schöpfapparat für Wasserproben. Von Fr. C. G. Müller. Um Wasserproben aus beliebiger Tiefe zu schöpfen, hat sich der beistehend abgebildete Apparat bereits mehrfach in der Praxis bewährt. In eine Bleiplatte *A* ist ein Bügel *B* gelötet, der mittels einer Spiralfeder *E* und eines Carabinerhakens *F* an dem Ringe einer Lothleine oder eines Messbandes hängt. In dem Bügel ist mit Hülfe der Klemmvorrichtung *cc* eine Flasche *D* von 400 ccm Inhalt befestigt. Diese ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen, dessen Bohrungen mit dem ∩-förmigen, aus einem compakten Glasstäbchen hergestellt, am Stöpsel *H* verschlossen werden. Dieser Stöpsel füllt aber die Durchbohrungen nicht ganz aus, vielmehr steckt in dem untern Teil der einen Durchbohrung noch die Glasröhre *G*. Der Stöpsel *H* sitzt an einer Kette *J*, welche durch die Spirale hängt und oben in dem Ringe von *F* befestigt ist. Ist nun diese Vorrichtung ins Wasser hinabgelassen, so genügt wegen der Schwere des Ganzen (ca. 1600 g) nur ein kurzer Ruck an der Leine um den Stöpsel *H* herauszuziehen, das Wasser dringt durch die Röhre *G* ein, während die Luft aus der anderen Durchbohrung entweicht. Nach etwa 80 Sekunden kann die Flasche gefüllt emporgezogen werden. Bis jetzt ist der Apparat nur zu Tiefen bis 60 m verwendet worden, die Flasche — eine gewöhnliche Medizinflasche — wird aber auch noch Tiefen bis 100 m aushalten; bei noch grösseren Tiefen empfiehlt es sich, die Flasche vorher mit Benzin zu füllen, das dann aus der Flasche fast ebenso schnell entweicht wie Luft. (*Ztschr. f. angew. Chem. 1900, II. 16 S. 388.*)



In vielen Fällen wird es sich darum handeln, die entnommenen Proben zu benutzen, um die im Wasser gelösten Gase, die „Wasserluft" zu untersuchen. In dieser Beziehung sei auf den von demselben Verfasser construierten „Apparat zur Bestimmung der Wassergase" hingewiesen, der von Seiten des deutschen Fischereivereines mit einem Preise ausgezeichnet worden ist. Bezüglich der näheren Construktion desselben mufs auf die Originalabhandlung (Ztschr. f. angew. Chem. 1899, Heft 11) verwiesen werden. Beide Apparate sind durch Vermittelung des Verfassers zu beziehen. *O.*

Vorrichtung zum Ausglühen grösserer Substanzmengen in einem beliebigen Gase. Von G. P. Drossbach. Der einfach gebaute Apparat ist continuierlich wirkend und eignet sich in gleicher Weise für das Laboratorium wie für die gröfseren Verhältnisse der Technik. Er gestattet innerhalb eines Raumes, der kaum den Inhalt eines gröfseren Platintiegels erfüllt, continuierlich etliche kg pulveriger Substanzen in jedem Gase zu glühen. Der wesentlichste Teil des Apparates ist eine gezogene Röhre *R* (s. Fig.), in dem sich eine Transportschnecke *S* bewegt; letztere bedarf keiner Führung und auch keines Schmiermaterials, da sie einige mm Spielraum besitzt. Diese Transportschnecke wird nun durch eine Schnurscheibe mittels Drahtlitze angetrieben, und *R* wird in beliebiger Weise erhitzt. Das Material wird bei *T* eingeführt, während bei *E* ein beliebiges Gas eingeleitet werden kann. Bei *A* fällt das noch glühende Produkt heraus. — Hat die kleine Röhre z. B. nur 1 qcm lichten Querschnitt bei 30 cm Länge und bewegt sich die Schnecke in der Sekunde 1 mal um die Achse, so verbleibt der eingetragene Körper eine volle Minute in der glühenden Röhre und wird die Röhre sicher glühend verlassen. In der Stunde werden unter diesen Bedingungen bereits 1,8 Liter an Material gefördert, bei gröfseren Dimensionen des Apparates entsprechend mehr. (*Ber. d. D. Chem. Ges. 1900, Nr. 3. S. 486.*) *O.*





Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Ingenieurtechnik im Altertum. Von Carl Merkel, Ingenieur. Mit 261 Abbildungen und 1 Karte. Berlin, Julius Springer, 1899. XIV und 658 S. geb. M. 20.

Ein überaus verdienstliches, auch für den Physikunterricht in mehrfacher Hinsicht lehrreiches Werk hat der Verfasser mit dieser ausführlichen, sachkundigen und zugleich frisch geschriebenen Darstellung geliefert. Diese erstreckt sich nicht blofs auf Griechen und Römer, sondern auch auf Babylonien und Assyrien, Ägypten, China, Indien, und behandelt in einzelnen Abschnitten 1. Werkzeuge, Maschinen u. s. w., 2. Bewässerungsanlagen, 3. Strafsen und Brückenbauten, 4. Hafenbauten, 5. Städtebau, 6. Wasserversorgungsanlagen, 7. Ausbildung und Stellung der Ingenieure im Altertum. Wer den archäologischen Forschungen ferner steht, wird u. a. mit Überraschung erfahren, dafs die Griechen den Römern in der Technik der Wasserleitungen weit überlegen waren, wie schon eine der ältesten unterirdischen Anlagen, die von Eupalinus auf Samos durch einen Tunnel von 1000 m Länge hindurchgeführte Wasserleitung, und die unter 17—20 Atmosphären Wasserdruck stehende Hochdruckleitung von Pergamon beweisen. Auch im Vermessungswesen, im Hafenbau und in der Mechanik erteilt der Verfasser den Griechen den Vorrang, während er im Tunnel- und Strombau den Römern die Palme zuerkennt. Die vielumstrittene Frage des Verhältnisses von Kultur und Technik wird in der Einleitung von einem hochbelegenen, der Frage durchaus gerecht werdenden Standpunkt erörtert. Die Abbildungen sind aus einer grofsen Reihe von archäologischen wie bautechnischen Schriften und von Reisewerken zusammengetragen. Eine Fortsetzung des Werkes, die der Geschichte der Ingenieurtechnik im Mittelalter und in der Neuzeit gewidmet sein würde, ist in Aussicht gestellt. *P.*

Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues. Von Theodor Beck, Ingenieur und Privatdocent in Darmstadt. Mit 806 Figuren. Herausgegeben durch den Verein deutscher Ingenieure, zu beziehen durch Julius Springer, Berlin 1899. 599 S. geb. M. 10.

Auch dieses Werk legt, schon durch die Art seiner Herausgabe, Zeugnis ab für das in der heutigen Technik stärker hervortretende Bestreben, mit der eigenen Vergangenheit und Vorgeschichte engere Fühlung zu gewinnen. Das Werk behandelt in einer Reihe von Monographieen die folgenden Persönlichkeiten: Heron von Alexandria (jedoch ins erste Jahrhundert nach Chr. zu setzen), Pappus den Alexandriner, Vitruv, Frontinus (der über die Wasserleitungen Roms schrieb), Cato den Älteren (bei dem sich namentlich Wein- und Ölpressen beschrieben finden), Leonardo da Vinci (in drei Abhandlungen), Biringuccio (Metallurgie), Agricola (Bergbau), Cardanus (Räderwerke, Mühlen u. s. f.), Besson (Proportionalzirkel, Drehbänke, Wasserhebemaschinen), Ramelli (Motoren, Schraubenmechanismen, Transmissionen), Lorini (Winden, Schaltwerke, Rammmaschinen u. a.), Porta (hydraulische Apparate), Zonca (Winden, Mühlen, Pressen), Turriano (Wasserkunst), Zeising (Pumpen und Mühlen), Fontana (Transport des vatikanischen Obelisken), Salomon de Caus, Verantius (Brückenbau), James Watt. Aus dieser Übersicht schon läfst sich erkennen, wie mannichfache Anregungen auch für den Unterricht dem Werk zu entnehmen sind. *P.*

Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Methoden. Von Eilhard Wiedemann und Hermann Ebert. 4. vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 366 Holzstichen. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1900, XXIX und 574 S. M. 10.

Die früheren Auflagen sind in d. Zeitschr., zuletzt XI 45 angezeigt, der Wert des Werkes auch für praktische Schülerübungen ist bereits mehrfach anerkannt worden. Die neue Auflage ist an einigen Stellen, besonders in der Elektrizitätslehre, erheblich bereichert, so finden wir jetzt unter den galvanischen Messinstrumenten auch das Hitzdrahtgalvanometer u. dgl. mehr. Beträchtliche Erweiterung hat das Kapitel der magnetischen Messungen erfahren. Der bei Besprechung der 2. Auflage ausgesprochene Wunsch nach einem alphabetischen Sachregister ist jetzt erfüllt worden. *P.*

Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert. Vortrag gehalten im Humboldtverein für Volksbildung zu Breslau von Prof. Dr. A. Heydweiller. Berlin, Paul Parey, 1900. 32 S. M. 1.

Der Vortrag giebt, dem Titel entsprechend, ein Bild von den Fortschritten der Physik im 19. Jahrhundert, die er um zwei Entdeckungen, die Erkenntnifs der Wesensgleichheit aller Strahlungserscheinungen, und das Gesetz von der Erhaltung der Energie gruppiert. Innerhalb dieses Rahmens ist die Bedeutung der kinetischen Gastheorie mit besonderem Nachdruck hervorgehoben; unzutreffend ist indessen, dass die Vorstellung von der Wärme als einer Art der Bewegung bei der Entdeckung des Energiegesetzes durch Mayer und Helmholtz mitgewirkt habe. Auch lässt sich wohl nicht die Lehre, dass alle unsere Vorstellungen nur Bilder der Dinge sind, als specifisch kantisch bezeichnen. *P.*



Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Dr. E. von Lommel. 6. Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. W. König. Mit einem Portrait, 430 Figuren im Text und 1 Spektraltafel. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. X und 574 S. M. 6,40, geb. M. 7,20.

Das vorliegende Buch, dessen 1. Auflage in dieser Zeitschr. im Jahrgang 1893 (VII 39) angezeigt wurde, hat einen schönen und wohlverdienten Erfolg errungen: der Verfasser selbst hat noch erlebt, dafs in 6 Jahren 5 Auflagen erschienen, und auch ins Englische ist das Werk übersetzt worden. Es verdankt diesen Erfolg der glücklichen Verbindung von wissenschaftlicher Strenge mit gemeinfafslicher, zwischen Knappheit und Breite die richtige Mitte haltender Darstellung. Die neue Auflage, nach dem Tode des Verfassers von W. König herausgegeben, sucht die Eigenart des Buches zu wahren; nur vereinzelt, namentlich an den Stellen, die mit der neuen Theorie der Elektrolyse zusammenhängen, sind Zusätze und Änderungen gemacht. Durch seine klare und schlichte Fassung, die auch Schwieriges leicht erscheinen läfst, darf das Buch auch für die Zwecke des Schulunterrichtes Beachtung beanspruchen. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Von Dr. E. Warburg. Mit 408 Original-Abbildungen. 4. verb. u. verm. Auflage. Freiburg i. B., J. C. B. Mohr, 1899. M. 7.

Die erste Auflage dieses Lehrbuchs ist 1893 (vgl. VI 313) erschienen. Hinzugekommen sind in der 3. Auflage zwei Artikel über Kathoden- und Röntgenstrahlen, in der vierten drei über den (auch für Schülerübungen verwendbaren) Thermophor, die Lindesche Luftverflüssigungsmaschine und den Cohärer; andere Abschnitte haben Erweiterungen oder Verbesserungen erfahren. *P.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1899—1900. Fünfzehnter Jahrgang, unter Mitwirkung von Fachmännern. Herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 53 Abbildungen, nebst Generalregister der Jahrgänge XI bis XV. Freiburg i. B., Herder, 1900. X und 572 S. M. 6, geb. M. 7.

In dem vorliegenden Bande umfassen Physik und Chemie nebst angewandter Mechanik allein 140 Seiten; auch wer den Fortschritten auf diesen Gebieten regelmässig folgt, wird doch gern noch die geschickt und klar abgefafsten Zusammenstellungen lesen, unter denen ein Abschnitt über den heutigen Stand unseres Wissens von den Röntgenstrahlen hervorzuheben ist. Von den übrigen Abschnitten mögen für die Leser unserer Zeitschrift besonders genannt sein: Mineralogie und Geologie, Astronomie, Meteorologie, Industrie und industrielle Technik. Die rasche Fertigstellung des Bandes bald nach Ablauf des Berichtjahres verdient immer von neuem rühmliche Anerkennung. *P.*

Grundrifs der allgemeinen Chemie. Von W. Ostwald. Mit 57 Textfiguren. Dritte, umgearbeitete Auflage. Leipzig 1899. Wilhelm Engelmann. 549 S. M. 16.

Vielen Lesern dieser Zeitschrift ist gleich dem Referenten das Aufsehen noch in deutlicher Erinnerung, welches vor nunmehr 11 Jahren das Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches erregte. Durch die erfolgreiche Thätigkeit einer von Jahr zu Jahr sich mehrenden Anzahl von Mitarbeitern ist in dem verflossenen Decennium der Ausbau der physikalischen Chemie rüstig vorwärts geschritten; Umfang und Anzahl der Zeitschriften, in denen die hierher gehörenden Arbeiten veröffentlicht werden, haben sich in einer damals kaum geahnten Weise vergröfsert; unter diesen Umständen war es ein besonders dankenswerthes Unternehmen des Verfassers, in einer dritten Auflage seines Buches in möglichst knapper und doch überall leicht verständlicher Form das festzulegen, was die wissenschaftliche Forschung an wichtigen Ergebnissen auf diesem Gebiete errungen hat und durch die kurze Skizzierung des geschichtlichen Entwicklungsganges das Verständnis des gegenwärtig Bestehenden zu erleichtern. Äusserlich gleicht die vorliegende Auflage den beiden vorangegangenen, auch ihr Umfang ist gegenüber dem der ersten Auflage nur um etwa 150 Seiten gewachsen. Trotzdem stellt sie bei näherer Betrachtung ein ganz neues Buch dar; denn die Unterabteilungen der beiden Hauptteile: Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre haben im einzelnen so viele Veränderungen nach Inhalt und Gruppierung erfahren, dafs nur noch das äufsere Gerüst an das frühere Werk erinnert. Dies tritt schon im ersten Teile hervor, der noch am meisten die ursprüngliche Form bewahrt hat. So wird der zweite Hauptsatz gelegentlich der Betrachtungen über die Verdampfungswärme erörtert; im Kapitel „Lösungen" werden die wichtigen Gesetzmäfsigkeiten entwickelt, welche die verdünnten Lösungen zeigen, während die eigentlichen Lösungsvorgänge unter der Lehre vom chemischen Gleichgewicht abgehandelt werden, u. a. m. Dafs der Verf. die Verbindungsgewichte der Elemente auf $O = 16$ bezieht (sodass $H = 1{,}01$ wird), braucht kaum besonders bemerkt zu werden. Dagegen mufs die Art und Weise hervorgehoben werden, wie der Verfasser den Zusammenhang zwischen Gasdichte und Verbindungsgewicht gasförmiger Elemente und Verbindungen ohne Benutzung des Atom- und Molekülbegriffs entwickelt; die Ausführungen sind nach Ansicht des Referenten von hoher methodischer



Bedeutung und sollten auch im Schulunterrichte nicht unberücksichtigt bleiben. Den Fachgenossen seien deshalb die auf S. 65 ff. sich findenden Darlegungen auf das Angelegentlichste zur Beachtung empfohlen. (Auf S. 66, Z. 17 v. u. ist durch einen Druckfehler S. 6 st. S. 60 citiert). Vollständig umgearbeitet ist der erste Teil des Kapitels über die Krystallformen, insofern als die Krystallformen in der Weise gruppiert sind, wie es zuerst von Hessel geschehen ist. Hier wäre vielleicht eine etwas gröfsere Ausführlichkeit und die Verwendung von Zeichnungen dem Verständnis förderlich gewesen; der neu in das Gebiet Eintretende wird in Bezug auf das Verständnis der 32 Krystallarten viel Schwierigkeiten zu überwinden haben.

Im zweiten Hauptteil des Buches ist strenger als in den früheren Auflagen das Energieprincip zur Durchführung gelangt. Ähnlich wie zu Beginn des zweiten Bandes seines grofsen Handbuches giebt der Verf. in einem einleitenden Kapitel eine Übersicht über die verschiedenen Energiearten und erörtert die Formen der mechanischen Energie, während die Verschiedenheit, in der die chemische Energie umgewandelt werden kann, das Princip für die weitere Einteilung abgiebt. In der Thermochemie findet sich eine wichtige Änderung, insofern als der Verfasser zum ersten Male statt der Calorie durchgängig ihr mechanisches Äquivalent in absoluten Einheiten, das Joule (j) und das Kilojoule (J), einführt. Sollte es ihm gelingen, dadurch der Verwirrung, die in der Litteratur gerade in Bezug auf diese Mafseinheit herrscht, ein Ende zu bereiten, so hätte er sich zu seinen vielen anderen ein neues wissenschaftliches Verdienst erworben. Im Schulunterrichte wird man freilich den anschaulichen Begriff der Calorie schwerlich gegen den durch Abstraktion gewonnenen einzutauschen geneigt sein. Neu eingefügt ist ein Kapitel über die Thermochemie der Salzbildung und der Ionen. Erwähnt sei noch, dafs der Verf. die Verschiedenheit des Aggregatzustandes der reagierenden Stoffe in den chemischen Gleichungen nicht mehr wie früher durch verschiedene Typen, sondern durch beigefügte Klammern bezeichnet, sodass z. B. (H_2O) gasförmiges, $[H_2O]$ festes Wasser bezeichnet. — Die durchgreifendste Veränderung haben die Kapitel erfahren, welche die chemische Mechanik und die Elektrochemie behandeln: jenes ist auf das Doppelte, dieses auf das Vierfache des früheren Umfanges angewachsen. Gerade in diesen beiden Kapiteln tritt aber die Meisterschaft des Verfassers, durch Hervorhebung des Wesentlichen und Zurückdrängen des minder Wichtigen ein deutliches Bild von dem Darzustellenden zu geben, besonders glänzend hervor.

Die Arbeit, welcher sich der Verf. mit der Herausgabe der vorliegenden Auflage unterzogen hat, ist gewifs nicht gering gewesen; sie wird aber dadurch reich belohnt werden, dafs das Buch den Lehren, deren wissenschaftlicher Begründung der Verf. sein Lebenswerk gewidmet hat, neue Freunde, der physikalischen Chemie selbst aber neue Jünger und Mitarbeiter zuführen wird.

H. Böttger.

Leitfaden für den wissenschaftlichen Unterricht in den Anfangsgründen der Chemie. Für höhere Lehranstalten u. s. w. von W. Casselmann. 6. umgearbeitete Auflage von Georg Krebs. I. Cursus. Mit eingedruckten Holzschnitten im Text. Wiesbaden, Bergmann 1899.

Die neue Auflage des vorliegenden Buches weist gegenüber der vorhergehenden nur geringe Veränderungen auf, weshalb auf die empfehlende Besprechung in Bd. 1 dieser Zeitschrift, S. 225 verwiesen werden kann. Bei der Durchsicht sind dem Referenten folgende Ungenauigkeiten aufgefallen. Aus der Erklärung S. 59, Absatz 3 könnte hergeleitet werden, dafs eine Substanz nur dann dimorph ist, wenn sie in zwei Krystallsystemen krystallisiert, was, wie das Beispiel von Anatas und Rutil lehrt, nicht richtig ist. — Die Formel N_2O_2 (S. 67) ist wegen des Ergebnisses der bis zu — 110° herab ausgeführten Dampfdichtebestimmungen unzulässig. — Der rote Phosphor (S. 72) ist nach den Untersuchungen von Retgers nicht amorph, sondern krystallisiert hexagonal. — Das durch Fällung entstehende Magnesiumkarbonat hat nicht die Formel $MgCO_3$ (S. 105), sondern ist ein basisches Salz. — Auf S. 65 finden sich zwei störende Druckfehler, es mufs heifsen, Z. 17 Rayleigh; Z. 10 v. u. Ozon, dessen Vorkommen in der Luft übrigens zweifelhaft ist. *H. Böttger.*

Stereochemische Forschungen. Von W. Vaubel. Heft 1 und 2. München, Rieger 1899. 78 und 79 S. M. 6.

Im ersten Heft stellt der Verf. die verschiedenen Formeln zusammen, die bisher benutzt worden sind, um die Struktur der Benzolderivate zu erklären und erörtert dann im Speziellen die von ihm für richtig gehaltene Strukturformel, die bereits von J. E. Marsh i. J. 1888 als möglich hingestellt worden ist, und im Gegensatz zu den von Kekulé, Bayer, Ladenburg u. a. Forschern aufgestellten Formeln die räumliche Verteilung der Kohlenstoffvalenzen zu Grunde legt. Die Ausführungen des Verf. decken sich im Wesentlichen mit denen, die er, wenn wir nicht irren, seit dem Jahr 1892 im Journ. f. praktische Chemie veröffentlicht hat. Im zweiten Heft dehnt er die stereochemischen Betrachtungen auf andere Nichtmetalle (Wasserstoff, Sauerstoff und namentlich Stickstoff) aus und



betrachtet die Konstitution der Verbindungen von dem Gesichtspunkte aus, dafs die Valenzen aller dieser Elemente in bestimmter Weise räumlich verteilt sind. Eine Erörterung der Gründe, die für und wider die vom Verf. vorgetragenen Ansichten sprechen, liegt vollständig aufserhalb des Rahmens dieser Zeitschrift, weshalb dieser kurze Hinweis auf den Inhalt der beiden Hefte genügen mag. *H. Böttger.*

Chemiker-Kalender 1900. Von Rudolf Biedermann. Ein Hülfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmaceuten, Hüttenmänner u. s. w. 21. Jahrgang. Mit einer Beilage. Berlin 1900. J. Springer.

Der Hauptteil des 21. Jahrganges unterscheidet sich hinsichtlich seiner Einteilung nicht von den früheren Jahrgängen; in den Tabellen sind die (allerdings nicht sehr zahlreichen) Neubestimmungen berücksichtigt worden, welche in Bezug auf Volumgewicht und Löslichkeit ausgeführt worden sind. Von Wichtigkeit ist die Aufnahme der Atomgewichtstabelle der d. chem. Gesellschaft. Soll daneben noch das Atomgewicht des Wasserstoffs als Einheit beibehalten werden, so ist jedenfalls der Wert 15,96 für den Sauerstoff durch den nach Morley's u. a. Untersuchungen richtigen Wert 15,88 zu ersetzen, und danach sind die Zahlenwerte in der letzten Spalte auf S. 3 und 4 umzurechnen. Die Beilage ist wiederum wesentlich erweitert worden; es sind nicht nur die Ergebnisse neuerer thermochemischer Messungen an den betreffenden Stellen aufgenommen worden, sondern es haben auch andere Teile der physikalischen Chemie, wie osmotischer Druck, elektrolytische Dissociation u. s. w. durch eine kurze Darlegung ihrer Lehren und die Angabe eines möglichst umfangreichen Zahlenmaterials eine weitgehende Berücksichtigung erfahren. So wird auch dieser Jahrgang ein brauchbares Hülfsmittel für alle sein, die auf dem Gebiete der Chemie arbeiten, besonders wird der Lehrer oftmals die zahlreichen Konstanten benutzen können, die das Buch enthält. *H. Böttger.*

Monographieen aus der Geschichte der Chemie. Herausgegeben von Dr. Georg W. A. Kahlbaum. Leipzig, Joh. Ambr. Barth.

III. Heft: Berzelius' Werden und Wachsen. 1779—1821. Von H. G. Söderbaum. Mit einem Titelbild. 1899. XII und 228 S. M. 6, geb. 7,30.

IV. Heft: Christian Friedrich Schönbein. 1799—1868. Ein Blatt zur Geschichte des 19. Jahrhunderts. Von Georg W. A. Kahlbaum und Ed. Schaer. I. Theil (von G. Kahlbaum). Mit einem Titelbild. 1900. XIX und 230 S. M. 6, geb. 7,30.

V. Heft: Justus von Liebig und Christian Friedrich Schönbein. Briefwechsel. 1853—1868. Herausgegeben von Georg W. A. Kahlbaum und Ed. Thon. 1900. XXI und 278 S. M. 6, geb. 7,30.

Die Kahlbaumschen „Monographieen" bilden eine ganz eigenartige Erscheinung in der chemisch-historischen Litteratur. Gründlichste Quellenforschung, subtilste Detailgebung — derart, dafs man in der Lage ist, die Forscher aus ihren eigenen Worten heraus, in ihrer Stellungnahme gegenüber den Problemen kennen zu lernen — sind ihr charakteristisches Gepräge. Hat diese Behandlungsweise zuweilen eine gewisse, jedoch nie lästig werdende Breite im Gefolge, so hat man andererseits bei der Lektüre immerfort die Empfindung, auf sicherem Grund und Boden zu stehen, der historischen Wirklichkeit ins Gesicht zu sehen; und wenn man auch dem Urteil der Herausgeber, mit dem diese gegebenen Falls nicht zurückhalten, zumeist folgen wird, so ist durch die erwähnten Umstände doch auch die Möglichkeit des eigenen begründeten Urteilens gegeben. So bilden die „Monographieen" für die behandelten Gebiete aufserordentlich wertvolle Nachschlagewerke, die bei einschlägigen Detailfragen gewifs selten im Stich lassen werden. Da sie auch sonst ihrem Inhalte nach geeignet sind, das Interesse dauernd zu fesseln, so ist ihnen das günstigste litterarische Prognostikon zu stellen, zumal wenn es wie bisher gelingt, mit den aktuellen Problemen richtige Fühlung zu behalten und hiernach die rechten Persönlichkeiten und rechten Arbeiten herauszugreifen.

Letzteres Moment trifft in positiver Weise zu für das IV. und V. Heft, also für die Biographie Schönbeins und den Briefwechsel zwischen J. v. Liebig und Chr. Fr. Schönbein. Die Gestalt Christian Friedrich Schönbeins darf bei dem jetzigen Aufblühen der physikalischen Chemie ein besonderes Interesse beanspruchen, Schönbein erscheint uns hier als einer ihrer bedeutendsten Vorläufer. Seine Forschungsmethode, wie sie uns in den beiden Werken greifbar vor Augen geführt wird, kann in dieser Beziehung geradezu als vorbildlich gelten. — Von der Biographie (Heft IV) liegt der erste, mit einem wohlgelungenen Bildnis Schönbeins verzierte Teil von G. Kahlbaum vor (der zweite von Ed. Schaer bearbeitete wird unmittelbar nachfolgen); ein ungemein reichhaltiges Material liegt darin wohlverarbeitet vor: nicht nur den Forscher mit seiner echt deutschen Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit, sondern auch den gemütvollen Menschen findet man



hier bis ins Kleinste getreu geschildert. — In dem Briefwechsel (Heft V) befolgten die Herausgeber die Grundsätze: „absolut diplomatisch getreue Wiedergabe; wo immer thunlich, Beifügung erläuternder Notizen und Glossen“. Die Art, wie diese Grundsätze zur Durchführung gebracht werden, im Verein mit der im Anfang gebotenen Zusammenstellung von kurzen Inhaltsangaben aller Briefe, wodurch eine schnelle Orientierung ermöglicht ist, verdient für ähnliche historische Publikationen als Norm festgehalten zu werden. Daſs Schönbein sich hier als der unermüdlich fleissige Mensch auch im Briefschreiben zeigt — der bei weitem gröſsere Teil des Buches besteht aus seinen Briefen — sei nebenhin erwähnt. Eine Ergänzung findet übrigens dieser Briefwechsel durch eine frühere Veröffentlichung desselben Herausgebers: „20 Briefe gewechselt zwischen Berzelius und Schönbein“ (d. Ztschr. *XII 249*).

Hinsichtlich der Berzelius-Biographie (Heft III) war die Beschränkung auf den oben angegebenen Zeitraum dadurch geboten, daſs eine Hauptquelle für eine vollständige Biographie zur Zeit noch unzugänglich war: Berzelius' Briefwechsel mit seinem Lieblingsschüler Friedrich Wöhler, der mit dem gedachten Zeitpunkt seinen Anfang nahm; nach der letztwilligen Verfügung Wöhlers darf diese im Besitz der schwedischen Akademie befindliche Sammlung nicht vor dem Jahre 1900 (dem hundertjährigen Geburtstag Wöhlers) geöffnet werden. So wird denn der erste Berzelius, der als Schüler kein „Licht“ war und den klassischen Sprachen lau gegenüberstand, der „Jüngling, der nur zu zweifelhaften Hoffnungen berechtigte“ (Worte des Abgangszeugnisses), der aber schon frühzeitig mit heissem Eifer gleich seinem Landsmann Linne botanischen und zoologischen Studien oblag, uns geschildert und durch seine Studienjahre und sein erstes mit mancherlei Schwierigkeiten verbundenes Auftreten hin verfolgt. Die weiteren vier Kapitel behandeln die Periode der elektrochemischen Untersuchungen, die Lavoisier-Berzelius'sche Sauerstofftheorie, die bestimmten Proportionen, die chemische Sprache — in gleichfalls sorgfältigster Weise, wovon die zahlreichen Zusätze und Erläuterungen unter dem Text, die in deutscher Sprache gegebenen Citate u. a. Zeugnis ablegen. Eine wertvolle Beigabe bildet die alphabetische Aufzählung der sonst nur chronologisch geordneten Ergebnisse von Berzelius' gesamten stöchiometrischen Forschungen, die mit Aluminium und Antimon beginnend bis zum Zinn und Zirkon fortgesetzt wird. Auch in diesem Buche tritt der Zusammenhang der behandelten Forschungen mit Problemen der Gegenwart mehrfach hervor.

So sind denn diese Hefte, in besonderem Maſse aber die beiden letzten, allen, die an der Entwickelung der physikalischen Chemie mitarbeiten oder sonst Anteil nehmen, als zeitgemäſse Gaben angelegentlichst zu empfehlen. *O. Ohmann.*

Leitfaden für den Unterricht in Chemie und Mineralogie. Von Prof. A. Wilke. Unveränderte Ausgabe. Kiel, M. Liebscher, 1899. 87 S.

Der hauptsächlich für sechsstufige Lehranstalten bestimmte Leitfaden zerfällt in einen kurzen „Chemischen Teil“ (S. 3—32) und einen etwas ausführlicheren „Mineralogischen Teil“ (S. 35—81). In ersterem werden in 16 Paragraphen „Metalle, Metallasche (§ 1); Sauerstoff, Stickstoff, atmosphärische Luft (2); Darstellung des Sauerstoffs, Grundstoffe (3); Kalium und Natrium, Wasserstoff (4); Hydroxyde, Einteilung der Metalle (5)“ u. s. w. behandelt, wobei die wichtigsten chemischen Grundbegriffe allerdings mehr angeschlossen als hergeleitet werden. Im ganzen genügt der Leitfaden hinsichtlich der Stoffanordnung wie der Entwickelung und Begründung der chemischen Hauptbegriffe strengeren Anforderungen nicht; so wird beispielsweise auch die Art, wie die chemische Zeichensprache und der Atombegriff ohne rechte Begründung eingeführt werden, auf wenig Zustimmung rechnen können. Auch die figürliche Seite ist ziemlich mangelhaft, z. B. die Figur der Chlorentwickelung (S. 25), selbst abgesehen von der im Umfallen begriffenen Kochflasche, ganz verfehlt. Im zweiten Teil, in dem die wichtigsten Mineralien, geordnet nach den üblichen chemischen Klassen, beschrieben, sowie einige zweckentsprechende geologische Grundbegriffe gegeben sind, ist die Darstellung etwas glücklicher. *O.*

Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie. Von Prof. Dr. W. Levin. 3. Aufl. Berlin, O. Salle 1899. M. 2.

In der vorliegenden Ausgabe sind die früher getrennten Abschnitte Verbindungsgewicht, Atom und Molekül, zu einem zusammengefaſst, auch ist die eine und andere Figur neu hinzugefügt, oder weggenommen und durch eine zweckmäſsigere ersetzt worden. Dasselbe gilt von einigen Versuchen. Diese Verbesserungen verdienen Anerkennung. Im übrigen müssen wir besonders hinsichtlich der Strenge der Induktion und des ganzen methodischen Verfahrens an dem früheren einschränkenden Urteil (*d. Ztschr. VI, 105 XI 194*) festhalten. Wenngleich die in der vorigen Besprechung erwähnte fehlerhafte Tabelle der Molekulargewichte jetzt ganz fortgelassen ist, so ist dennoch im Buche selbst der Begriff des Molekulargewichtes vielfach, zumal in den Fragen, in falschem Sinne gebraucht.

Ohne Sinn für die Molekulargewichtsbestimmung ist die Frage (S. 31), welches Gewicht man für 1 Liter „Wasserdampf bei 0°“ berechnen könnte. Wenig rationell ist ferner der Versuch, dadurch zum Stickstoff zu gelangen, dafs man unter der Glasglocke Spiritus verbrennen läfst, zumal für die Sauerstoffabsorption bessere Versuche vorliegen. *O.*

Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. Lassar-Cohn, Königsberg i. Pr. Mit 58 Abbild. Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1899 XII u. 299 S. M. 4.

Die vorliegende Einführung, die sich der Hauptsache nach auf das anorganische Gebiet beschränkt, ist für den Gebrauch der Zuhörer von Volkshochschul-Vorträgen berechnet. Sie steht in naher Beziehung zu den in dieser Ztschr. (*X 266*) besprochenen Vorträgen desselben Verfassers „Die Chemie im täglichen Leben“, will aber im Gegensatz zu jenen Einzelbildern die Chemie in einem gewissen systematischen Zusammenhange vortragen. Im ganzen können wir dem Buch aber den Wert jener Vorträge nicht zusprechen. Besonders zu beanstanden sind die — man möchte sagen zum Glück nicht zahlreichen — Abbildungen, die in Bezug auf Zeichnung wie auch auf technische Herstellung sehr viel zu wünschen übrig lassen; für den ausgesprochenen Zweck des Buches wären gerade besonders klare Abbildungen am Platze gewesen. Auch in methodischer Hinsicht bietet das Buch keinen Fortschritt, obgleich im Vorwort eine besondere „Vortragsform“ versprochen wird, auf die auch die „Lehrer der Chemie, die bisher kein besonderes Gewicht auf ihre Methode gelegt haben“ verwiesen werden. Es ist jedoch im Gegenteil zu wünschen, dafs die oft sehr breite, im Gesprächston gehaltene und stilistisch keineswegs unanfechtbare Ausdrucksweise nicht im Unterricht an höheren Lehranstalten Nachahmung finde. Abgesehen hiervon finden sich aber in dem Buche manche gute Einzelbilder, besonders sind in dieser Beziehung die das Organische behandelnden Abschnitte hervorzuheben, auch ist manche eigenartige Versuchsbeschreibung anzutreffen. In besonderem Mafse ist allenthalben die atomistische Hypothese zur Erklärung herangezogen — der Seitenhieb auf die neueren Philosophen, die es „nicht für nötig halten, irgend etwas experimentell zu belegen“ (S. 68), wäre aber besser unterblieben. Auf Einzelheiten können wir hier nicht eingehen, nur sei erwähnt, dafs die Darstellung von der Entstehung des Stafsfurter Salzlagers (48, 49) im wesentlichen verfehlt ist. In einem Nachwort wird die neue Atomgewichtstabelle mit der Grundlage O = 16 hinsichtlich ihrer pädagogischen Unzweckmäfsigkeit mit Recht angegriffen (vergl. d. Ztschr. *XIII 180*). *O.*

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus in Göttingen.

Vom 19. April bis 1. Mai 1900.

Zu dem diesmaligen Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen waren 19 Teilnehmer erschienen. Der Schwerpunkt der behandelten Gegenstände war in anerkennenswerter Weise nach der Seite der praktisch-technischen Anwendung der mathematisch-physikalischen Wissenschaften verlegt worden.

Neben allgemeinen Erörterungen über die für den Schulunterricht in Betracht kommenden Teile der angewandten Mathematik und insbesondere über technische Mechanik, welches Thema Prof. Dr. Klein zum Gegenstand seiner Vorträge gemacht hatte, wurden an mathematischen Gegenständen behandelt: Darstellende Geometrie von Prof. Dr. Schilling, elementare Geodäsie von Prof. Dr. Wiechert und Elemente des Versicherungswesens von Prof. Dr. Bohlmann.

Über die aus dem Gebiete der Physik, des physikalischen Unterrichts und der technischen Anwendungen der Physik gehaltenen Vorträge soll im Folgenden kurz berichtet werden.

Herr Oberlehrer Professor Behrendsen trug vor über die Behandlung der Wellenlehre im Unterricht höherer Schulen unter Benutzung der ausserordentlich reichhaltigen Sammlung bezüglicher Demonstrationsmittel des Göttinger Gymnasiums.

Ausgehend von dem Begriff der einfachen Schwingung zeigte der Vortragende unter Heranziehung schöner, zum Teil selbst erdachter Veranschaulichungsmittel, wie man stufenweis im Schüler eine Vorstellung von dem Wesen einer Wellenbewegung entwickeln könne. Die verschiedenen Arten der Wellen, ihre Reflexion und ihre Zusammensetzung wurden in der Wirklichkeit, in Modellen und an den Wellenmaschinen von Weinhold und von Mach zunächst allgemein gezeigt, worauf dann der Vortragende die wichtigsten Gebiete der experimentellen Physik durchging, in denen Wellenbewegungen eine Rolle spielen. In seinem Vortrag wie in dem sich daran anschliefsenden freien Meinungsaustausche wufste derselbe den Teilnehmern aus dem Schatze seiner Erfahrungen Winke zu geben, wie man auch mit beschränkteren Mitteln auf dem Gebiete der experimentellen Physik auf der Höhe



bleiben und den Anschlufs auch an die modernen wissenschaftlichen Ergebnisse (Hertzsche Wellen, drahtlose Telegraphie, lichtelektrische Erscheinungen u. a.) behalten könne.

Herr Prof. Riecke hielt eine sechsstündige Experimentalvorlesung über elektrische Entladungserscheinungen in verdünnten Gasen. Als Stromquellen diente bei den Versuchen neben einer Influenzmaschine und einem grofsen Induktorium die im physikalischen Institut aufgestellte Hochspannungsbatterie von etwa tausend Elementen. Soweit eine erklärende Theorie für die Erscheinungen vorhanden ist, wurde sie den Versuchen vorangestellt.

Nach allgemeiner Charakterisierung der in Geislerschen Röhren auftretenden Phänomene wurde zunächst das positive Licht untersucht. Insbesondere wurde der Zusammenhang zwischen Spannungsdifferenz und Stromstärke, der Abfall des Potentials und der Verlauf der Kraft innerhalb der Röhre unter Darlegung der zur Untersuchung dieser Gröfsen geeigneten Experimentalanordnungen erörtert. Bezüglich der Kathodenstrahlen wurden die für die Bewegung der negativ geladenen Teilchen unter Berücksichtigung äusserer magnetischer und elektrostatischer Kräfte massgebenden Gleichungen entwickelt, worauf dann die nach diesen Gleichungen zu erwartenden Erscheinungen in einer Reihe schöner Versuche aufgezeigt wurden. Ebenso wurde das Verhalten der positiven Entladung, sowie die des negativen Glimmlichtes im magnetischen Felde eingehend untersucht. Den Beschlufs der Vorlesung machte der Nachweis des Austrittes der Kathodenstrahlen in die Luft.

Herr Prof. Simon trug vor über lichtelektrische Versuche. Einleitend wies der Vortragende hin auf die bedeutsame Rolle, welche die aktinoelektrischen Erscheinungen für das sich mehr und mehr klärende, aus den Anschauungen der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie sich ergebende physikalische Weltbild haben dürften. Die Grundrisse dieser Theorie wurden angedeutet, worauf sich dann der Vortragende den Versuchen selbst zuwandte. Es wurde gezeigt, wie die Bestrahlung der Kathode mit violetten Strahlen die zur Entladung nötige Spannungsdifferenz erheblich vermindert, wie die negative Ladung einer Zinkplatte bei Bestrahlung verschwindet und wie die Strahlung allein imstande ist, eine geringe positive Ladung hervorzurufen.

Weitere Versuche bezogen sich auf lichtempfindliche Zellen, auf die Abhängigkeit der Wirkung von der Polarisation des einfallenden Lichtes, auf die aktinoelektrische Wirksamkeit der Röntgenstrahlen u. a. Zum Schlufs suchte der Vortragende eine Erklärung der beobachteten Erscheinungen auf Grund der Maxwellschen Theorie zu geben.

In den Vorträgen der Herren Prof. Descoudres und Prof. Eugen Meyer war den Teilnehmern des Ferienkurses Gelegenheit gegeben, die seit einigen Jahren in Göttingen getroffenen Einrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik kennen zu lernen.

Herr Prof. Descoudres gewährte in seiner achtstündigen Vorlesung über „Gleichstrom und Wechselstrom in ihrer Verwendung bei elektrischen Centralen“ einen Einblick in die Betrachtungsweise und die Rechnungshilfsmittel des Elektrotechnikers. Nach Einführung der „Kraftliniensprache“ wurde der Begriff des „magnetischen Kreises“ erläutert und die experimentellen Hilfsmittel zur Bestimmung der Permeabilität vorgeführt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigte sich dann mit den maschinellen Mitteln der Stromerzeugung. Die für die Construktion der Anker- und Feldmagnete und für die Bewickelung des Ankers massgebenden Gesichtspunkte wurden dargelegt und die Charakteristik einer Gleichstrommaschine praktisch aufgenommen. Weiterhin ging der Vortragende ein auf die Bedeutung des Wechselstromes, auf seine Erzeugung, seine Transformation und seinen Transport und führte eine Reihe von Wechselstrommotoren vor. Ihren Abschlufs fand die inhaltreiche Vorlesung in einer Besichtigung des städtischen Elektricitätswerkes.

Herr Prof. Eugen Meyer sprach über die Physik der Wärmekraftmaschinen. Nach einer kurzen historischen Einleitung wurde die thermodynamische Theorie der Dampfmaschine entwickelt, der sich im Cylinder dieser Maschine abspielende Kreisprocess eingehend betrachtet und insbesondere die Bedeutung des Kesseldrucks, des Condensators, der Expansion und des Wärmeaustausches für den Nutzeffekt der Dampfmaschine erörtert. Darauf folgten noch Bemerkungen über Maschinen mit zweifacher Expansion, über Drei- und Viercylindermaschinen und über Heissdampfmaschinen.

Von den Verbrennungskraftmaschinen wurde ausführlich der Leuchtgasmotor behandelt. Die Frage nach einem Ersatz für Leuchtgas gab Veranlassung zur Charakterisierung der Benzin-, Petroleum- und Spiritusmotoren, sowie zu Bemerkungen über die Verwendung von Kraftgas und die moderne Ausnutzung der Gichtgase durch die Eisenindustrie. Der ausserordentlich klare Vortrag des Herrn Prof. Meyer wurde in seiner Anschaulichkeit noch unterstützt durch eine Reihe von Demonstrationen im maschinentechnischen Laboratorium. Die dort vorhandene Dampfmaschine und der Gasmotor[1])

[1]) Aufser den erwähnten beiden Maschinen enthält das Laboratorium noch einen 20pferdigen Dieselmotor, einen Petroleummotor, eine Lavalturbine, einen Kraftgasgenerator sowie eine Kälteerzeugungsanlage.



wurden in ihren wesentlichen Teilen zerlegt vorgeführt, sodann wieder in Betrieb gesetzt, worauf eine Reihe von Indikatordiagrammen an ihnen aufgenommen wurden. An die Vorlesung schloss sich noch eine Excursion nach der Tuchfabrik von Ferdinand Levin. *Md.*

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 23. Oktober 1899. Herr Boas setzte eingehend die Grundgedanken und den Bau der modernen Funkeninduktoren auseinander. Er beschrieb den von ihm erfundenen Turbinenunterbrecher. Er zeigte die verschiedenen Leistungen der A. E. G.-Induktoren durch zahlreiche Versuche: die Funkenlänge, den Flammenbogen, Teslaerscheinungen, Röntgendurchleuchtungen, die verschiedene Wirkung des Baryumplatincyanürs und des wolframsauren Calciums.

Sitzung am 6. November 1899. Herr Heitchen setzte die Vorzüge des Anschlusses der physikalischen Kabinette an eine elektrische Centrale auseinander. Er gab an, in welcher Weise man die überflüssige Spannung des Stromes unschädlich machen bezw. nutzbringend verwerten könne. Er führte eine Tudorbatterie mit dem von ihm angegebenen Pachytrop vor. Er zeigte eine einfache Anordnung des Wehneltschen Unterbrechers und demonstrierte damit die Energieübertragung durch hochgespannte Ströme. Er zeigte ein neues Aräometer zur bequemen Prüfung der Accumulatorensäure.

Sitzung am 20. November 1899. Herr Böttger schilderte die reduzierende Wirkung des Aluminiums. Er demonstrierte die Wirkung einer von Goldschmidt in Essen hergestellten Mischung aus Eisenoxyd und Aluminium. Die bei der Reduktion des Eisens eintretende hohe Temperatur (2500°) kann zum Glühendmachen von Nieten und zum Löten verwandt werden; beides wurde ebenfalls vorgeführt. Aehnliche Reduktionen mittelst Aluminium dienen zur Herstellung von Chrom, Mangan und Wolfram. Der Vortragende schilderte das Verhalten des Chroms in verschiedenen Säuren und bei verschiedenen Temperaturen und demonstrierte dessen merkwürdige elektrolytische und elektromotorische Eigenschaften. Er zeigte einen elektrischen Ofen, dessen Tiegelsubstanz Retortenkohle ist, und stellte in demselben aus einer Mischung von Marmor und Kienrufs Calciumcarbid her.

Sitzung am 4. Dezember 1899. Herr Hupe demonstrierte einen billigen Ersatz eines Pachytropen. Er erörterte die Frage der Anstellung eines Laboratoriumsdieners an den höheren Lehranstalten und fafste seine Ausführungen in folgende Resolution zusammen: „Es ist zu erstreben, dafs, namentlich an den realen Anstalten, ein Diener für die niederen mechanischen Arbeiten in den physikalischen und chemischen Laboratorien angestellt werde, der zugleich einige Kenntnis von Drechsler- und Tischlerarbeiten hat. Bei Neubesetzung von Heizerstellen für die Centralheizung ist darauf Bedacht zu nehmen, solche Kräfte heranzuziehen, die geeignet sind, zugleich die Arbeiten eines Laboratoriumsdieners zu übernehmen.“ — Herr Heyne machte einige Mitteilungen über den Bezug der im Aluminiumverfahren rein dargestellten Metalle, wie Chrom und Mangan.

Sitzung am 22. Januar 1900. Herr Heyne wies auf die im Dorotheenstädtischen Realgymnasium demnächst stattfindenden Demonstrationen des Mechanikers Hinze über die wichtigsten mechanischen Arbeiten hin. Er besprach den Nutzen, der zu erwarten sei, wenn seitens der königl. oder städt. Behörden ein Mechaniker durch Gewährung einer Entschädigung verpflichtet würde, ein Lager von häufig gebrauchten Materialien zu halten und zu Engrospreisen abzugeben. — Herr Koppe sprach über Messung von Flächen und die dazu gebrauchten Instrumente. Er beschrieb ein Orthogonalplanimeter, das Polarplanimeter von Amsler, sowie das Prytzsche Beilplanimeter und zeigte die Anwendung dieser Instrumente. — Herr Szymański zeigte ein Planimeter von Eckert, das dem Prytzschen ähnlich ist, aber statt des Beils ein verstellbares Rad enthält. Derselbe demonstrierte einige Ellipsenzirkel.

Sitzung am 3. Februar 1900. Herr Szymański demonstrierte eine Wellenmaschine nach Silvanus Thompson: eine grosse mit gläsernem Boden versehene, mit Wasser gefüllte Wanne auf hohen Füssen; die auf der Wasseroberfläche erzeugten Wellen werden durch eine unter der Wanne befindliche Bogenlampe an die Zimmerdecke projiziert. — Derselbe gab einen Ueberblick über die physikalischen Grundlagen der Photochromie. Er beschrieb das Zenkersche Verfahren und demonstrierte die Vogelsche Methode des Dreifarbendrucks. Er zeigte die Wiedergabe von Farben nach der Methode von Ives, bei der ebenfalls drei Aufnahmen nötig sind. Er demonstrierte das Rasterverfahren von Jolly, der hierbei mit einer Platte auskommt, und wies auf die Arbeiten von Lippmann und Neuhauss hin. Er demonstrierte ferner durch Projektion die allmähliche Farbenänderung einer Seifenblase und zeigte zwei neue Voltmeter und Amperemeter von Keiser und Schmidt.

Sitzung am 19. Februar 1900. Herr Schwalbe wies auf die demnächst erscheinende Neuauflage des Zenkerschen Werks hin. — Herr Heitchen hob die bedeutende Vervollkommnung des Zenkerschen Verfahrens durch Neuhauss hervor. — Die in der Sitzung vom 4. Dezember 1899 von



Herrn Hupe angeregte Frage der Anstellung eines Laboratoriumsdieners wurde Gegenstand einer eingehenden Besprechung. — Herr Heyne sprach über Automobile und Automobilmotoren. Er beschrieb die Einrichtung der Explosionsmotoren mit Benzin, die Vorrichtungen zur Zündung und Kühlung, die Art der Uebertragung, die Vorrichtungen zum Vor-, Rückwärts- und Seitlichfahren, zur Ein- und Ausschaltung. Er gab Zahlen für Gewicht und Pferdestärke verschiedener Automobilmotoren.

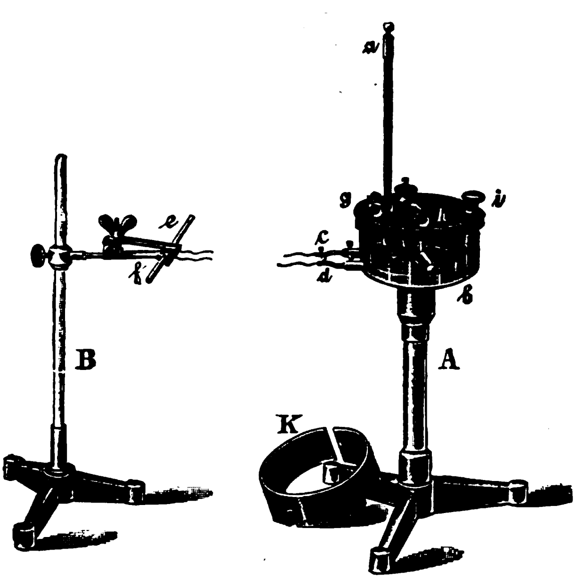
Mitteilungen aus Werkstätten.

Erreger für stehende elektrische Wellen nach Blondlot-Coolidge.

Von E. Leybold's Nachfolger in Köln a. Rh.

Mit Hülfe dieses Apparates, der bereits in d. Zeitschr. XII 361 kurz beschrieben ist, lassen sich Knoten und Bäuche stehender elektrischer Wellen an zwei frei ausgespannten Drähten demonstrieren, auch kann man sowohl die Grundschwingung wie mehrere Nebenschwingungen isolieren und messen.

In einem mit Petroleum gefüllten cylindrischen Gefäfs befinden sich zwei halbkreisförmige, in Kugeln endende Drähte, deren Enden *a* und *b* mit der sekundären Spule eines Tesla-Transformators verbunden sind. Unter diesem Erregerkreis liegt, durch eine Glimmerplatte getrennt, ein zweiter kreisförmiger, dem ersten an Gröfse gleicher Draht, der in die Klemmen *c* und *d* mündet. In diese letzteren werden die $^1/_{10}$ mm dicken Kupferdrähte geklemmt, deren andere beiden Enden an einem entfernt aufgestellten Stativ *B* befestigt sind. Zum Betriebe ist ein Funkeninduktor von mindestens 10 cm Funkenlänge, 4 Leydener Flaschen von je 40 cm Höhe nebst Funkenstrecke und Öltransformator erforderlich. Setzt man den Induktor in Thätigkeit, so geraten die Drähte ihrer ganzen Länge nach ins Leuchten. Der Erregerkreis ist aufser der wirksamen Funkenstrecke noch mit einer zweiten Zuführungsfunkenstrecke versehen, beide werden durch die Schrauben *g* und *h* so reguliert, dafs die beiden Drähte ein möglichst intensives Licht ausstrahlen. Um eine Schwingung zu isolieren, wird die gröfste der beigegebenen Drahtbrücken in der Nähe von *c d* auf die Drähte gehängt und die zweitgröfste Brücke auf den Drähten hin- und hergeschoben, bis man einen hell aufleuchtenden Wellenbauch und einen vollständig dunklen Knoten wahrnimmt. Nach der längsten Welle kann man auch die nächst höheren Nebenschwingungen herausfinden. Die Länge aller dieser Wellen ist dann mit einem Mafsstab ausmefsbar.



Der Preis eines Erregers nebst Stativ für das Festhalten der gespannten Drähte und sonstigem Zubehör beträgt M. 75.

Correspondenz.

Von Herrn Oberlehrer Schreiber in Neuwied sind uns folgende Bemerkungen über physikalische Schülerübungen am Gymnasium zugegangen:

Die grosse Bedeutung, welche das Experiment für das Verständnis physikalischer Vorgänge besitzt und welche noch vervielfacht wird, wenn das Experimentieren dem Schüler selbst ermöglicht wird, giebt Veranlassung, trotz aller entgegenstehenden Schwierigkeiten immer wieder Umschau zu halten, auf welche Weise sich physikalische Schülerübungen einrichten lassen. An kleineren Gymnasien tritt als erschwerender Umstand hinzu, dafs die vorhandenen Lehrkräfte eben ausreichen, um bei Belastung mit der Maximalstundenzahl die lehrplanmässig vorgeschriebenen Unterrichtsstunden in der Mathematik und Physik zu erteilen, so dafs also eine Anrechnung der für einen, nachmittags einzurichtenden Übungskursus aufgewendeten Zeit auf die Pflichtstundenzahl gar nicht in Frage kommen könnte.

Nun läfst sich aber nach meinen Erfahrungen die physikalische Lehraufgabe der I a des Gymnasiums mit einer kleinen Schülerzahl in $^3/_4$ Jahren erledigen: Optik im Sommer, mathematische

Geographie von Herbst bis Weihnachten. Die Zeit reicht um so mehr aus, als ja die Einübung des Pensums durch rechnende Aufgaben zum grofsen Teil der Mathematikstunde zufallen wird[1]). Ich habe defshalb am Königlichen Gymnasium zu Neuwied im letzten Vierteljahr mit Genehmigung des Direktors physikalische Experimentierübungen in Ia eingerichtet. Zu diesem Zwecke wurden die beiden wöchentlichen Physikstunden durch Tausch zusammengelegt. Die Räume reichten aus, das physikalische Lehrzimmer und der Nebenraum (in welchem die Apparate in 12 Schränken untergebracht sind) enthalten 2 grofse und einen kleineren Experimentiertisch, auch tischartige Fensterbänke, die zum Arbeiten benutzt werden konnten. Daneben standen noch andere Räume zur Verfügung. Die 10 Schüler waren in Gruppen von je 2 geteilt. Jedes Paar erhielt in der Stunde vorher zum Zwecke der häuslichen Vorbereitung eine kurze schriftliche Anleitung zu den auszuführenden Versuchen mit Angabe der zu benutzenden Apparate, einen Hinweis auf etwaige Fehlerquellen und deren Vermeidung. Auf diese Weise konnten die 2 Stunden wirklich ganz zum Arbeiten verwendet werden. Da ferner die Übungen nicht nur an das Oberprimapensum anknüpften, sondern ebenso häufig den Lehraufgaben früherer Klassen entnommen waren, so hatte das häusliche Studium der Anleitungen noch das Gute, dafs die Schüler des öfteren gezwungen waren, früher durchgenommene Kapitel zu wiederholen um ihre Aufgabe verstehen zu können. Ich habe mich allerdings jedesmal der kleinen (wöchentlich einmaligen) Mühe unterzogen, diese Anweisungen selbst aufzuschreiben, da für die kurze Zeit die Einführung eines Buches nicht thunlich erschien. Meist wurde diesen Instruktionen auch ein Hinweis darauf beigefügt, in welcher Beziehung die Apparate besonders vor Schaden zu hüten seien. Es ist mir dadurch gelungen, zu vermeiden, dass während der ganzen Zeit auch nur ein Apparat wirklich beschädigt worden wäre. Da das Abiturientenexamen erst in den letzten Tagen des März stattfand, so wurden in diesen 3 Monaten eine ganze Reihe von Experimentieraufgaben behandelt. Ich habe mir über den Verlauf der Arbeiten stets mündlich referieren lassen, es scheint mir jedoch zweckmäfsiger von den Schülern einen schriftlichen Versuchsbericht ausarbeiten zu lassen, bei welchem sie sich event. auch bemühen sollen, die Gründe zu erörtern, wefshalb ihre Resultate von den aus physikalischen Tabellen zu entnehmenden abweichen. Diese Berichte würden ganz nach Art von sonstigen Klassenarbeiten zu korrigieren und zurückzugeben sein mit der event. Aufforderung, den einen oder anderen Teil des Versuchs noch einmal auszuführen.

Eine specielle Aufzählung der ausgeführten Übungsaufgaben möchte ich hier um so eher unterlassen, als schon öfter in dieser Zeitschrift derartige Zusammenstellungen veröffentlicht wurden und überdies die Möglichkeit der zu behandelnden Aufgaben in erster Linie von dem Bestand an Apparaten abhängt.

In Heft 3 Seite 131 findet sich in dem Aufsatz des Herrn O. Ehrhardt: „Die Erscheinungen der Voltainduktion in schulgemäfser Darstellung“ angegeben, dafs ein Induktionsstrom entsteht, wenn die endmagnetischen Kraftlinien durch einen ausgespannten, einfachen Draht geschnitten werden. Es heifst dort von dem Drahte: „der aber für unsern jetzigen Zweck mindestens 12 m lang ist.“ Dazu erlaube ich mir zu bemerken, dafs mit dem von mir konstruierten Galvanometer (d. Zeitschr. XIII 141) der Versuch auch schon gelingt, wenn man mit einem Drahte von 80—100 cm Länge, dessen Enden an dem Galvanometer durch eine bewegliche Doppelleitungsschnur befestigt sind, Bewegungen nach auf- oder abwärts vornimmt. Dreht man den Draht um, so ändert der Strom seine Richtung, ebenso wie die Richtung des Stromes beim Aufwärtsbewegen des Drahtes eine andere ist als beim Abwärtsbewegen. *Prof. Adami, Hof.*

Arsen kein Element? Bezüglich der zuerst in der „*Leopoldina*“ (*1900 Heft 36 Nr. 3 S. 40*) und dann anderwärts, z. B. „*Chemiker-Zeitung*“ (*XXIV Nr. 45, 6. Juni 1900*) aufgestellten Behauptung F. Fitticas, dafs Arsen kein Element sei, und dafs es ihm gelungen sei, Phosphor durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak teilweise in Arsen umzuwandeln, verweisen wir auf die Ausführungen von Clemens Winkler in den *Ber. d. d. Chem. Ges. 1900. 11. Juni, Nr. 10 S. 1693—97.* Hiernach beruht die obige Behauptung auf einem „ungeheuren Irrtum“; ganz unerfindlich bleibe die Ableitung des vermeintlichen Umwandlungsprozesses (die Hauptgleichung sollte sein $2P + 5NH_4NO_3 = (PN_2O)_2O_3 + 10H_2O + 3N_2$) und die Aufstellung der „abenteuerlichen Formel PN_2O“ für das „synthetisch dargestellte“ Arsen. Cl. Winkler weist unter Wiederholung von Fitticas Versuch (Oxydation von 2 g amorph. P mit 12,9 g salpeters. Amm.) nach, dafs bei der lebhaften Reaktion eine gewisse Menge des stets arsenhaltigen Phosphors sich der Oxydation entziehe; infolgedessen enthalte die Schmelze

[1]) Auch in Ib kann die Lehraufgabe bis Weihnachten absolviert werden: Experimentelle Mechanik im Sommer (rechnende Aufgaben in der Mathematikstunde), Akustik bis Weihnachten.



das vorhanden gewesene Arsen zum grofsen Teil in Gestalt von arseniger Säure, sodafs die wässerige Lösung mit Schwefelwasserstoff sofort die gelbe Fällung von Arsentrisulfid gebe. Auf Grund noch weiterer genauer beschriebener Versuche kommt Cl. Winkler zu dem eingangs erwähnten Schlufs und knüpft daran einige allgemeine Bemerkungen über den Rückgang der Kunst des Analysierens und über neuerliche in der Chemie hervorgetretene spekulative Neigungen. *O.*

Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts von Seiten der Stadt Berlin. Im Sommer 1900 sind für Lehrer höherer Lehranstalten unter Leitung der Direktoren Dr. SCHWALBE und Dr. REINHARDT folgende Fortbildungskurse eingerichtet:

1. Vorlesungen: Dr. R. LÜPKE, die Grundzüge der modernen Elektrochemie, in 8 zweistündigen Vorträgen. — Prof. Dr. C. MÜLLER, die Vervollkommnung unserer Mikroskope und die moderne Mikrotechnik, in 8 Vorträgen nebst anschliessenden Demonstrationen.

2. Exkursionen: Besuch einer Brauerei, einer Stearin- und Seifenfabrik und einer grösseren Eisengiesserei und Maschinenbauanstalt mit vorbereitenden Vorträgen und unter Leitung von Prof. Dr. H. BÖTTGER. — Drei geologische Ausflüge unter Führung von Dr. POTONIÉ. — Ein metallurgischer Ausflug in den Harz unter Leitung des G. R. Prof. Dr. WEEREN, nebst 2 vorbereitenden Vorlesungen.

3. Physikalische Üebungskurse im Anstellen von Schulexperimenten und in der Handhabung und Reparatur der Apparate unter Leitung von Prof. M. KOPPE und Prof. R. HEYNE.

Die Ferienkurse in Jena finden in diesem Jahre vom 6. August an statt. Die Kurse für Lehrer der Naturwissenschaften an höheren Schulen und Lehrerbildungsanstalten umfassen: Astronomie, Physik, Geologie, Mineralogie, Botanik, Zoologie. Programme durch das Sekretariat, Gartenstrasse 2.

Der 4. naturwissenschaftliche Ferienkursus zu Frankfurt a. M., vom Physikalischen Verein daselbst auf Veranlassung des Königl. Unterrichtsministeriums veranstaltet, findet vom **1.—13.** Oktober statt. Der Lehrplan umfafst Vorlesungen über die Fortschritte der Physik und Chemie, elektrotechnische Vorlesungen nebst Praktikum, Besichtigung technischer Etablissements. Meldung bei Direktor Dr. Bode.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

P. Volkmann, Einführung in das Studium der theoretischen Physik, mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. M. 14. — **A. Föppl,** Vorlesungen über technische Mechanik, Bd. I: Einführung in die Mechanik. Mit 96 Figuren im Text. 2. Auflage, geb. M. 10; Bd. III: Festigkeitslehre. Mit 79 Figuren im Text. 2. Auflage, geb. M. 12. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **W. Zenker,** Lehrbuch der Photochromie. Neu herausgegeben von B. Schwalbe. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 4. — **W. Sachs,** Die Kohlenoxydvergiftung in ihrer klinischen u. s. w. Bedeutung. Mit 1 Spectraltafel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 4. — **W. Bermbach,** Elektricitätswerke, elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung. 2. Auflage. Mit 130 Abbild. Wiesbaden, Lützenkirchen & Bröcking, 1900. M. 3,60. — **M. Le Blanc,** Lehrbuch der Elektrochemie. 2. Aufl. mit 33 Figuren. Leipzig, O. Leiner, 1900. M. 6. — **M. Schneider,** Leitfaden der organischen Chemie. II. Teil: Ringverbindungen. Zürich, Schulthefs & Co., 1900. — **A. Sattler,** Leitfaden der Physik und Chemie. 23. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 1. — **E. Düll,** Wiederholungs- und Übungsbuch für den Unterricht in Chemie und Mineralogie. München, Dr. E. Wolff, 1900. M. 2,80. — **C. Freyer,** Das Skioptikon in der Schule. Mit 124 Abbild. Dresden, Franz Hoffmann, 1900. M. 2,50. — **H. Gerlach,** Grundlehren der Chemie. Leipzig, B. G. Teubner, 1900.

Sonderabdrücke: O. Lummer und E. Pringsheim, Die Verteilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers u. s. w., Temperaturbestimmungen fester glühender Körper. Verh. d. d. ph. G. I, 12. — O. Lummer und P. Kurlbaum, Über das Fortschreiten der photometrischen Helligkeit mit der Temperatur, ebd. II, 8. — O. Lummer, Complementäre Interferenzerscheinungen im reflektierten Lichte. S. Ber. d. k. Pr. Ak. d. W. 1900. — K. Schirmeisen, Zur Ausgestaltung des periodischen Systems der Elemente. Ztschr. f. phys. Ch. XXXIII 2, 1900. — C. Siegel, Versuch einer empiristischen Darstellung der räumlichen Grundgebilde und geometrischen Grundbegriffe mit bes. Rücksicht auf Kant und Helmholtz. Vierteljschr. f. w. Phil. 1900, S. 197—266.



Himmelserscheinungen im August und September 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	August 3	8	13	18	23	28	September 2	7	12	17	22	27	
Helio-centrische Längen.	316°	335	357	22	51	82	113	141	165	185	203	219	☿
	327	335	343	351	359	7	15	23	31	39	47	55	♀
	311	315	320	325	330	335	339	344	349	354	359	4	♁
	57	60	62	65	68	70	73	75	78	80	83	85	♂
	251	252	252	253	253	253	254	254	255	255	255	256	♃
	273	273	273	273	274	274	274	274	274	274	274	275	♄
Aufst. Knoten.	248	248	247	247	247	246	246	246	246	245	245	245	☾
Mittl. Länge.	223	289	355	61	126	192	258	324	30	96	162	228	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	215	283	355	65	132	188	249	320	32	104	163	220	☾
	128	126	126	129	135	142	152	161	170	178	186	193	☿
	98	99	102	104	108	111	116	120	125	130	135	140	♀
	133	138	143	147	152	157	161	166	170	175	179	184	☉
	85	89	92	96	100	103	107	110	113	117	120	123	♂
	239	239	239	240	240	240	241	241	242	243	244	244	♃
	269	269	269	269	268	268	268	268	268	268	269	269	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	— 17	— 20	+ 3	+ 22	+ 13	— 8	— 22	— 10	+ 16	+ 20	+ 2	— 18	☾
	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 17	+ 16	+ 13	+ 10	+ 6	+ 2	— 2	— 5	☿
	+ 17	+ 17	+ 17	+ 18	+ 18	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17	+ 16	+ 15	+ 14	♀
	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	— 2	☉
	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	♂
	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 21	— 21	— 21	♃
	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	♄
Aufgang.	$16^h 25^m$	16.33	16.41	16.50	16.58	17.6	17.15	17.23	17.31	17.40	17.48	17.57	☉
	$1^h 10^m$	5.53	8.7	10.56	16.17	21.50	2.6	5.21	7.31	11.54	17.29	22.56	☾
Untergang.	$7^h 47^m$	7.38	7.28	7.18	7.8	6.56	6.45	6.34	6.22	6.10	5.58	5.46	☉
	$10^h 10^m$	14.36	21.39	2.45	5.58	7.29	10.6	16.16	23.22	3.6	5.1	6.47	☾
Zeitglchg.	$+ 6^m 0^s$	+ 5.30	+ 4.44	+ 3.45	+ 2.35	+ 1.13	— 0.18	— 1.57	— 3.41	— 5.26	— 7.12	— 8.55	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

August 3	5^h	46^m	Erstes Viertel	September 1	20^h	56^m	Erstes Viertel
10	10	30	Vollmond	8	18	6	Vollmond
12	0		Mond in Erdnähe	9	7		Mond in Erdnähe
17	0	46	Letztes Viertel	15	9	57	Letztes Viertel
24	16	53	Neumond	23	8	57	Neumond
27	12		Mond in Erdferne	23	17		Mond in Erdferne

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Aug. 16	$15^h 11^m$	13.33	12.16	2.9	4.27
	Sept. 15	17.39	13.21	11.51	0.26	2.25
Untergang der Planeten.	Aug. 16	6.31	4.57	5.6	10.33	12.15
	Sept. 15	6.27	4.31	4.19	8.42	10.11

Constellationen. August 4 22^h ♃ ☌ ☾; 7 0^h ♄ ☌ ☾; 13 21^h ♀ im gröfsten Glanze; 19 3^h ☿ in gröfster westlicher Elongation von 19°; 20 7^h ♂ ☌ ☾; 20 23^h ♀ ☌ ☾; 23 6^h ☿ ☌ ☾; 25 10^h ♃ □ ☉; 26 23^h ☿ im Perihel. — September 1 9^h ♄ ☌ ☾; 2 5^h ♄ stationär; 3 9^h ♄ ☌ ☾; 13 6^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 17 7^h ♀ in gröfster westlicher Elongation von 46°; 18 1^h ♂ ☌ ☉; 19 6^h ♀ ☌ ☾; 21 18^h ♄ □ ☉; 23 1^h ☉ im Zeichen der Wage, Herbstnachtgleiche; 24 9^h ☿ ☌ ☾.

Jupitermonde. August 4 $9^h 49^m$ III A; 13 $8^h 1^m$ I A; $8^h 27^m$ II A; 20 $8^h 36^m$ II E, $9^h 56^m$ I A. — September 5 $8^h 14^m$ I A; 14 $8^h 19^m$ II A; 16 $7^h 45^m$ III E; 21 $6^h 33^m$ I A.

Veränderliche Sterne. Die Mitternachtsdämmerung ist für Norddeutschland ungefähr am 26 Juli erloschen. Mira, dem Maximum nahe, geht im August in den späten Abendstunden auf, im September entsprechend früher. Die Sterne β und *R Lyrae*, η *Aquilae*, α, u und g *Herculis*, δ und μ *Cephei* sind abends, ϱ *Persei* und ε *Aurigae* spät zu beobachten. Ganz spät kommen die Veränderlichen im Orion und in den Zwillingen herauf. Algols-Minima: Aug. 4 14^h, 7 11^h, 10 8^h, 27 13^h, 30 9^h; Sept. 16 14^h, 19 11^h, 22 8^h.

Meteore und Zodiakallicht. Die Beobachtung der Perseiden (Aug. 8—12) wird durch das volle Mondlicht sehr erschwert. Das Zodiakallicht ist im August zwischen 15 und 16^h, im September gegen 16^h an allen mondfreien Morgen im Osten aufzufinden. *J. Plafsmann, Münster.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** September 1900.

Eine neue Form des Cartesianischen Tauchers.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Die richtige Füllung des Cartesianischen Tauchers ist zwar nicht besonders zeitraubend, auch ist es nicht ohne unterrichtlichen Nutzen, sie vor den Augen der Schüler auszuführen, wenn eine geeignete Methode gewählt wird (s. Weinhold, *Demonstrationen S. 170*; *d. Zeitschrift XI 213*), bequemer jedoch ist die Benutzung einer Taucherform, die nach blofsem Einsenken in das im Cylinder befindliche Wasser sofort versuchsbereit ist. Wenigstens kann man bei Ausführung zahlreicher Taucherversuche die zum wiederholten Füllen erforderliche Zeit sparen. Bei den bisher bekannten Taucherformen, die nach blossem Einbringen in das Wasser die richtige Füllung haben, ist die ein für allemal auszuführende Abgleichung des Gewichtes mühsam (Taucher von Heyden, *Frick-Lehmann*, *Phys. Technik*, *I S. 355*), und der Taucher gestattet keine in einfachster Weise durch die Art des Einsenkens erreichbare ganz kleine Änderung in der Gröfse des Luftvolumens (vgl. die für Schwimmen an der Oberfläche und Sinken in der Tiefe construierte Form von Weinhold, *Demonstrationen S. 171*).

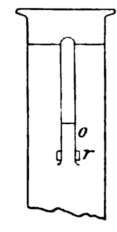


Fig. 1.

Zur Selbstherstellung eignet sich ein Taucher, bestehend aus einem mit Blei beschwerten Reagensgläschen, welches bei *o* (Fig. 1) eine seitliche Öffnung hat, die in solcher Höhe angebracht ist, dafs das in verkehrter Stellung eingetauchte Gläschen dem Untersinken sehr nahe kommt. Die Bleibeschwerung *r* stellt man wohl am bequemsten aus einem schmalen Abschnitt von einer 2—3 mm dicken Bleiplatte her, der spiralig um das Gläschen gewunden wird. Man schiebt die Spirale zunächst an den Bodenteil des Gläschens, wo sie durch Reibung hinreichend festsitzt. Das aufrecht auf Wasser schwimmende Gläschen rage nur mit dem dritten bis fünften Teil seiner Länge aus dem Wasser heraus. Man tröpfelt nun vorsichtig soviel Wasser hinein, bis nur noch der Rand aufserhalb des Wassers ist. Man zieht hierauf das Gläschen empor, verschliefst es, ohne mit den Fingern den Luftraum zu erwärmen, mit dem Daumen und kehrt es um, die Öffnung wieder ins Wasser drückend. Dann schiebt man den Bleiring herunter bis an den Rand des Gläschens. Nach dem Loslassen soll jetzt nur etwa die Hälfte des Bodens herausragen. Ist das Gläschen zu schwer, so könnte man mit einer Kapillaren etwas Luft unter die Mündung blasen; am besten wird die einfache Manipulation bei ungeeignet erscheinender Füllung wiederholt. Man zieht nun das Gläschen soweit senkrecht empor, dafs der Stand des Wassers innen und aufsen übereinstimmt, und markiert diesen Stand schnell mit dem Schreibdiamanten oder durch Anlegen des Daumennagels. Beim Emporziehen hält man das Gläschen nur mit zwei Fingern, die wohl den Luftraum nicht mehr erwärmen, als die Verdunstung ihn abkühlt. Etwa 1 mm unterhalb der angemerkten Stelle —

nach der Mündung des Gläschens hin — wird nun entweder mittels einer Stichflamme und durch Abziehen oder einfacher mit der Feile eine kleine Öffnung hergestellt. Es hat keinen Zweck, länger zu feilen (zuletzt vorsichtig), als bis das Glas eben durchlöchert ist; das Oberflächenhäutchen macht sich über einer recht kleinen Öffnung zwar beim langsamen Herausnehmen des Tauchers aus dem Wasser besonders bemerkbar, es wird aber bei erneutem Einsenken, falls es zufällig vorhanden ist, stets durch die hervordringende Luft zersprengt. Macht man aus der Anfertigung des Tauchers einen Schülerversuch, so kann man aus Gewicht und Inhalt des Gläschens das zum Beschweren erforderliche Bleigewicht berechnen lassen.

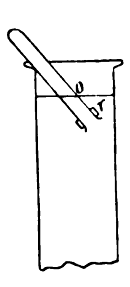
Zur Anfertigung durch den Glasbläser empfiehlt sich die Benutzung starkwandigen Glasrohres, wodurch die Bleibeschwerung überflüssig wird. Die im übrigen in gleicher Weise vorgerichteten „Taucherröhrchen“ dürften an Sauberkeit und einfachster Verwendbarkeit wenig zu wünschen übrig lassen und wohl zur häufigeren Benutzung des Cartesianischen Tauchers beim Unterricht beitragen. Die probeweise von der Glasbläserei von A. Eichhorn in Dresden (Mittelstraſse) gefertigten Taucher aus weiſsem und hellfarbigem Glase sind etwa 12 cm lang; ihre Stellung im Wasser ist bei einem Abstande der seitlichen Öffnung von gegen 4 cm vom offenen Ende durchaus stabil. Da nur bei heftigem Niederstoſsen des Tauchers Luftblasen aus der seitlichen Öffnung entweichen können, so kann seine Schwimmfähigkeit beim ordnungsmäſsigen Gebrauche, beliebigem Bewegen der Cylinder mit den Tauchern u. s. w. keine Änderung erfahren.

Die Füllung des Röhrchentauchers mit einer gröſseren oder geringeren Luftmenge. Ein Vorzug der Benutzung des kleinen Apparates besteht darin, daſs man sehr leicht durch die Art des Einsenkens die Luftfüllung verschieden bemessen kann. Bei sehr hastigem Einbringen oder Hineinfallenlassen aus einer Höhe von vielen dm ist die Menge der im Taucher bleibenden Luft schwankend, jedoch gewöhnlich dazu ausreichend, den bis auf den Boden des 4—5 dm tiefen Cylinders unter Mitreiſsen von Luft hinabfahrenden Taucher wieder zum Aufsteigen zu bringen. Hierbei ist auch die Gröſse der seitlichen Öffnung mitbestimmend. Hat der Taucher infolge der sehr heftigen Bewegungen und vielleicht auch, weil man ihn vorher längere Zeit in der warmen Hand gehalten hatte, zuviel Wasser geschluckt, so bringt man ihm mittels der weiter unten beschriebenen Vorrichtung Hülfe. Diese der Jugend zunächst recht interessant vorkommende Art des Einbringens wird man wohl nur im Anfange oder gelegentlich zeigen wollen. Zum richtigen Füllen für die gewöhnlich mit dem Taucher angestellten Versuche läſst man ihn ruhig aus der einige cm über der Wasseroberfläche gehaltenen Hand einfallen oder senkt ihn etwa so schnell ein, wie die Feder in die Tinte. Man überzeugt sich durch Ansehen in wagerechter Richtung, daſs das Wasserniveau im Taucher etwas höher als der obere Rand der seitlichen Öffnung liegt. Sollte die Flüssigkeit tiefer stehen, so tupft man mit dem Finger einmal heftig auf das schwimmende Gläschen, das in diesem Falle leicht den Luftüberschuſs abgiebt. Es ist jetzt eine Erhöhung des Druckes um 50—70 cm Wassersäule nötig, den Taucher zum Sinken zu bringen, was etwa gerade für die Versuche geeignet erscheinen dürfte (auch für die ersten unter den „Versuchen mit Tauchern“, d. *Zeitschr. XI 213*).

Soll der Taucher eine geringere Luftfüllung erhalten, so besteht das eine Verfahren darin, daſs man ihn mit den Fingern erfaſst und einige heftige Abwärtsbewegungen mit ihm ausführt, wodurch jedesmal eine kleine Luftmenge zur seitlichen Öffnung hinausgetrieben wird, bis der beabsichtigte Grad der Füllung erreicht ist.



Ein anderes Verfahren besteht darin, dafs man den Taucher in gegen die Horizontale geneigter Stellung, die seitliche Öffnung aufwärts, einsenkt (Fig. 2). Ist der Cylinder besonders eng, so mufs man auch diesen während des langsamen Einsenkens etwas zur Seite neigen. Man merkt sich nach dem Augenmafs den Winkel, unter dem man den Taucher einsenkte, und kann, ohne noch näherer Beschreibung oder Übung zu bedürfen, es leicht dahin bringen, dafs der Taucher entweder nur noch ganz dicht unter der Oberfläche oder in halber Höhe des Cylinders ein Bestreben aufwärts zu steigen hat, beim weiteren Hinabdrücken aber, den Grenzpunkt des labilen Gleichgewichts überschreitend, in beschleunigter Bewegung zu Boden fällt. Man kann auch an der Gröfse des bei ruhigem Schwimmen herausragenden Bodenstückes einigermafsen erkennen, wie tief unter der Oberfläche die Stelle des labilen Gleichgewichts liegt.


Fig. 2.

Am bequemsten wird aber die Beurteilung der Taucherfüllung besonders für denjenigen, der nach längerer Zeit der Nichtbenutzung wieder mit den Tauchern sich abgiebt, wenn man an diesen eine Marke anbringt, die den Grad der Luftfüllung beim labilen Gleichgewicht bezeichnet. Man findet den Ort dieser Marke, die beiläufig 5 mm oberhalb der seitlichen Öffnung der Taucherröhrchen von Eichhorn liegt, nach provisorischem Umlegen eines Zwirnsfadens oder sehr schmalen Schlauchabschnittes, indem man den Taucher ins Wasser setzt und den Druck irgendwie erhöht. Man merkt sich dann, um welche kleine Strecke über oder unter dem Faden das Wasser steht, während der Taucher die labile Gleichgewichtslage langsam durchschreitet.

Versuche mit den Taucherröhrchen bei offenem Cylinder. Liegt das labile Gleichgewicht eines herabgesunkenen Tauchers nicht mehr als etwa 20 cm über dem Cylinderboden, so kann man das Röhrchen in einfacher Weise dadurch wieder emportreiben, dafs man den ganzen Cylinder um einige cm vom Tische erhebt und unter leichtem Aufstofsen wieder niedersetzt. Die Taucher — man nimmt des zierlicheren Aussehens wegen mehrere, schräg eingesenkte — eilen, wenn sie den Boden wirklich berührten, lebhaft in die Höhe, um, falls sie nicht zu schwer sind, obenauf zu bleiben. Ist einer der Taucher nur äufserst wenig vom Boden entfernt gewesen, so schliefst er sich von der Aufwärtsbewegung aus, da er von der Transversalschwingung des Bodenstückes nicht getroffen werden konnte.

Einen am Boden des Cylinders liegenden Taucher bringt man ferner dadurch zum Aufsteigen, dafs man mittels eines Glasstabes das über ihm befindliche Wasser in Rotation versetzt. Um das Anschlagen des Glasstabes an die Gefäfswände zu vermeiden, versieht man ihn unten mit einem Kork. Sowohl in engen wie in weiten Cylindern erhebt sich der Taucher, sobald auch die unteren Flüssigkeitsschichten anfangen in die Wirbelbewegung hineingezogen zu werden. Ein Vergleich mit der Druckverminderung im Innern eines Wirbelwindes liegt nahe, könnte aber dazu verleiten, Ursache und Wirkung des letzteren zu verwechseln. Die Rotation der Flüssigkeit ruft in der Mitte der unteren Schichten nur eine ganz unwesentliche Druckabnahme hervor, wie man mittels eines hier mündenden Glasrohres nachweisen kann, welches in seinem nach oben führenden Teil mit dem Wasser im Cylinder communiziert. Übrigens steigt ein Taucher bereits, wenn seine Luftfüllung keineswegs bis an die erwähnte Marke reicht, in der Achse des Flüssigkeitswirbels empor und in ganz gleicher Weise erhebt sich jeder starre, nicht zu schwere Körper vom Boden des Gefäfses bis an die Wasseroberfläche, z. B. der bekannte Kaltwasserschwimmer, wenn man das warme Wasser, in dem er untersank, über ihm umrührt. Die Ursache

der vorliegenden, recht alltäglichen Erscheinung ist offenbar ein in der Mitte der rotierenden Flüssigkeit emporsteigender Flüssigkeitsstrom, der durch Reibung auch schwerere Körper mitnimmt, und welcher der Gegenstrom einer an den Wänden des Cylinders in Schraubenlinien abwärtsgehenden Flüssigkeitsbewegung ist; die letztere hat ihre Ursache in der Centrifugalkraft und in dem Umstande, dafs die Flüssigkeit am Boden geringere Drehungsgeschwindigkeit hat. Aus leicht ersichtlichem Grunde hat der emporgewirbelte Taucher nicht die gewöhnliche senkrechte Haltung, sondern das leichtere obere Ende ist nach innen geneigt.

Von weiteren Versuchen sei noch erwähnt das Schwebenlassen des Tauchers mit Hülfe zweier übereinander geschichteten Flüssigkeiten. Hierzu läfst man denselben in einen Cylinder fallen, der zur Hälfte mit Wasser, zur Hälfte mit verdünntem Spiritus gefüllt ist. Bei passender Gröfse des specifischen Gewichts der oben befindlichen Flüssigkeit wird die Stellung des Tauchers im Cylinder durch Schwankungen der Temperatur und des Barometerstandes ziemlich bedeutend verändert. Natürlich kann man durch Benutzung zweier nicht mischbarer Flüssigkeiten die infolge der Diffusion allmählich fortschreitende Bewegung des Tauchers entweder nach oben oder nach unten für länger fortzusetzende Versuche hindern. (Vgl. übrigens die Bemerkung über langsame Auflösung der Luft weiter unten.) Drehungen der in auf- oder absteigender Bewegung begriffenen Taucher lassen sich leicht durch ein Paar schräg gestellter Flächen aus sehr dünnem Blech hervorrufen, die man an dem Röhrchen befestigt. Ferner lassen sich leicht durch Anbringen von Scheibchen oder Kreisringen am Taucher Versuche über Fallbewegungen im widerstehenden Mittel, sowie über Oberflächenspannung vorbereiten, die aber wohl nicht so wirksam sind, wie die für gleiche Zwecke angegebenen Versuche von Fr. C. G. Müller, Hartl u. A., da man die angedeuteten Experimente in abgeschlossenen Cylindern, die nicht sehr weit sein können, anstellen müfste. Zum Herabdrücken des Tauchers in offenem Standcylinder ist ein langer Glasstab brauchbar, der am Ende mit einem Korke versehen ist. Die Verkleinerung des Luftvolumens beim tieferen Einsinken des Tauchers ist allerdings bei einigen anderen Constructionen (besonders der von Weinhold, a. a. O.) viel besser zu sehen; immerhin ist diese Änderung infolge der gestreckt cylindrischen Gestalt des im Taucher befindlichen Luftvolumens auch hier unverkennbar, wenn ein einigermafsen hoher Standcylinder als Tauchergefäfs dient. Die Benutzung des Röhrchentauchers gewährt hier andererseits den Vorteil, dafs man leicht die annähernd gemessene Volumabnahme mit der Gröfse des ursprünglichen Volumens vergleichen kann. Man versehe den Cylinder wie bei Versuch 1 (*d. Zeitschr. XI 213 Fig. 1*) mit gut schliefsendem Kork und einer etwa 1 m langen Rohrverbindung. Diese wird zunächst möglichst angehoben, die Länge der cylindrischen Luftsäule im Taucher mittels daran festgeklebter (und mit Lack bedeckter) Millimeterskale gemessen, und die gleiche Messung nach dem Herabsenken des langen Druckrohres wiederholt. Auf diese Weise kann man bequem den Druck um ein Fünftel des atmosphärischen variieren, also eine Volumänderung der Luft im Taucher um annähernd den gleichen Bruchteil herbeiführen. Übrigens wird die Volumabnahme beim Untersinken des Tauchers auch in der a. a. O. S. 214 beschriebenen Versuchsanordnung sehr deutlich sichtbar. Das Druckrohr des obigen Versuchs nehme man nicht zu weit, damit das Wasser nach dem Herabsenken der Rohrverbindung nicht ausfliefst; der Cylinder ist möglichst anzufüllen.

Taucherglockenartige Vorrichtung. Einem infolge zu geringer Wasserverdrängung auf dem Boden des Cylinders liegenden Taucher kann man in einer für



den elementaren Unterricht besonders anschaulichen Weise dadurch wieder aufhelfen, dafs man ihm durch Überstülpen einer an einem langen Glasrohre (Fig. 3) angeschmolzenen glockenartigen, weiteren Röhre *g* Luft zuführt. Das in die Glocke offen mündende, etwas starkwandige Rohr *s* wird natürlich vor dem Eintauchen oben mit dem Finger verschlossen. Seine sehr bequeme Benutzung erläutert in wohl ganz erwünschter Weise die Wirkung der Taucherglocke; es möge deswegen und der Kürze halber gestattet sein, die Vorrichtung so zu benennen. Nach dem Überstülpen derselben füllt sich der Taucher fast ganz mit Luft, und beim Anheben wird er natürlich vom Boden des Gefäfses entführt. Je nachdem man hierbei die obere Öffnung freigiebt oder geschlossen läfst, gelangt der Taucher bis an oder über die Wasseroberfläche. Mit dem am anderen Ende der langen Röhre angebrachten Kork kann man einen Taucher bequem in das Wasser hinabdrücken. Der hierfür etwas conkav ausgeschnittene Kork erleichtert zugleich das Anfassen der Vorrichtung und schützt die lange Röhre vor dem Zerbrechen, wenn man damit das Wasser im Cylinder (s. oben) in rotierende Bewegung versetzt.

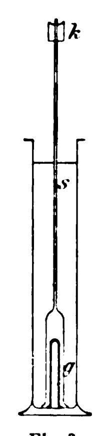


Fig. 3.

Hält man die lufterfüllte Taucherglocke nur so tief, dafs der Boden des Tauchers nur ein wenig in sie hineinragt oder auch noch etwa $^1/_2$ cm von der Glockenmündung entfernt ist, so stürzt der Taucher beim Öffnen der langen Röhre augenblicklich in die Glocke hinein. Der Versuch zeigt mit besonderer Anschaulichkeit die Wirkung einer plötzlichen einseitigen Verminderung des Flüssigkeitsdruckes und fordert bei jedem Schüler einen Vergleich mit den Saugwirkungen des Luftdruckes geradezu heraus.

Der beschriebene einfache Apparat kann auch zu mancherlei anderen Versuchen dienen. Erwähnung möge nur noch die sich von selbst ergebende Demonstration des Wasserstofses finden. Auf einen oder mehrere, mit nicht bis zur Marke reichender Luftfüllung versehene Taucher wirkt der Stofs des Wassers in der bis fast auf den Cylinderboden versenkten Glocke eigenartig ein. Die Taucher hüpfen beim Öffnen der langen Röhre im Augenblicke des Stofses um einige cm empor, falls sie den Boden wirklich berührten. Hatte man die Taucher vorher durch schwaches Aufstofsen des Cylinders auf den Tisch ein wenig emporgeschnellt, so gehen sie, wenn sie beim Öffnen der langen Röhre dem Boden wieder bis auf etwa 2 cm nahe gekommen sind, zunächst schnell abwärts, um sodann noch um einige cm emporzuschnellen.

Sonstige Verwendungsarten der Röhrchentaucher. In recht einfacher Weise kann man mit dem Taucher die Löslichkeit von Gasen in Wasser zeigen. Man füllt den Taucher, während man ihn mit Daumen und Mittelfinger über der seitlichen Öffnung, diese also schliefsend, festhält, mittels der pneumatischen Wanne oder durch blofses Einleiten mit dem betreffenden Gase, verschliefst mit dem Zeigefinger und senkt den Taucher in das in einem Standcylinder befindliche Wasser. Bei Verwendung von Kohlensäure sinkt der Taucher in 10—15 Minuten. Durch schräges Einsenken kann man diese Zeit wesentlich abkürzen, was aber überflüssig erscheint, da das Hinabsinken des Tauchers auch beim Fortgange des Unterrichtes nicht übersehen wird. In ganz kurzer Zeit (1—2 Minuten) verläuft der Versuch, wenn man wie bei Versuch 1 des früheren Aufsatzes (a. a. O. S. 214) verfährt, indem man durch Anheben der mit Wasser gefüllten Rohrverbindung den Druck so grofs macht, dafs der Taucher dem Sinken nahe kommt.



Läfst man Standcylinder und Taucher bis zur nächsten Stunde stehen, so ist die Kohlensäure bis auf einen sehr kleinen Rest verschwunden. Senkt man anstatt in reines Wasser in sehr verdünnte Ammoniakflüssigkeit, so sinkt der Taucher in etwa 2 Minuten; man sieht deutlich Schlieren unter dem Flüssigkeitsmeniskus im Taucher. Ein mit Acetylen gefüllter Taucher sank erst in etwa 40 Minuten zu Boden, also viel langsamer als man in Rücksicht auf die fast gleiche Löslichkeit von Kohlensäure und Acetylen in Wasser erwarten sollte. Vielleicht sind die Dichteänderungen verschieden, welche das Wasser beim Lösen der beiden Gase erfährt, und aus diesem Grunde die zum Fortschreiten des Lösungsvorganges notwendigen Convektionsströme ungleich. Über solche Dichteänderungen ist wenig bekannt (vgl. Dammer, Handb. der anorg. Chemie I S. 423, II 1 S. 373). Die Auflösung der wenig löslichen Gase schreitet auch in abgekochtem Wasser zu langsam vorwärts, als dafs ein Taucherversuch zur Demonstration derselben empfehlenswert erschiene; nur als Gegenversuch bei der Lösung der Kohlensäure könnte man das Verhalten eines mit Sauerstoff oder Luft gefüllten Tauchers in luftfreiem Wasser zeigen. Die Taucher befinden sich an einem der nächsten Tage auf dem Boden des Cylinders, während die in nicht abgekochtem Wasser schwimmenden Röhrchen weit länger obenbleiben, schliefslich aber auch sinken. Will man die mit gewöhnlichem Wasser gefüllten Cylinder lange stehen lassen, so sollte man den Zusatz von etwas Salicylsäure oder dergl. nicht verabsäumen.

Auch der bekannte Luftpumpenversuch, welcher die Expansion einer geringen, in einem verkehrt in Wasser eingesenkten Reagensglase oder Kolben enthaltenen Luftmenge demonstriert, kann vorteilhafter Weise mit dem beschriebenen Taucher gezeigt werden. Dieser wird in das in einem Cylinder befindliche Wasser so eingesenkt, dafs er auf dem Boden liegen bleibt. Den Cylinder stellt man entweder unter den Recipienten, oder man versieht ihn mit einem luftdichten Kork, in dessen Durchbohrung eine Glasröhre sitzt, die mit der Kolben- oder Wasserluftpumpe in Verbindung steht. Schon beim ersten Kolbenhube steigt der Taucher empor, und eine Luftblase nach der anderen entweicht aus der seitlichen Öffnung. Ziemlich lehrreich ist es nun, die Schüler beobachten zu lassen, was geschieht, wenn man ein wenig Luft wieder zurücktreten läfst, bis der Taucher gerade zu sinken beginnt. Er fällt mit unverkennbar gröfserer Geschwindigkeit zu Boden, als sonst; man sieht auch deutlich, wie das Volumen der Luft im Taucher während des Herabsinkens sich auffallend stark verkleinert. Bei Benutzung der Kolbenluftpumpe bringt man das Sinken des Tauchers nach dem Herausziehen des Kolbens sehr leicht dadurch zuwege, dafs man ohne vorherige Umstellung des Hahnes den Kolben wieder etwas zurücktreten läfst. Der Versuch ist wohl besonders für Wiederholungen zu empfehlen, da für diesen Zweck der bisherige einfachere Luftpumpenversuch nicht genug Denkinhalt liefert. Aus der abgeschätzten Volumveränderung der Luft im Taucher beim Herabsinken und der Höhe der diese Volumabnahme verursachenden Wassersäule kann man annähernd den Grad der Luftverdünnung berechnen.

Die Bewegung des Tauchers läfst man mehrmals sich wiederholen; dies ist so lange möglich, als die Verdünnung eine gewisse Grenze noch nicht erreicht hat. Bei Benutzung der Kolbenluftpumpe stellt sich schliefslich lebhaftes Sieden ein, und nun kann es vorkommen, dafs der herabgesunkene Taucher trotz der Beförderung der Dampfbildung durch die Luft in ihm nicht mehr emporsteigt, auch wenn die Pumpe fortgesetzt arbeitet. Mit einer schwerer siedenden Flüssigkeit anstatt des Wassers ist das Zurückbleiben des lufthaltigen Tauchers trotz des Evakuierens leicht zu erreichen.



Im Anschlufs an den Versuch ist die Erörterung des entgegengesetzten Falles ganz lehrreich, dafs der Taucher in einem Cylinder sich befinde, der mit der Compressionspumpe in Verbindung steht. Natürlich müfste man dem Taucher, damit er schwimmen kann, Luft zuführen können, etwa durch eine bis zum Boden des Cylinders führende, unten emporgebogene Glasröhre. In der Lage eines Tauchers, der in Wasser unter starkem Drucke sich befindet, ist auch ein Tiefseefisch, der die Fähigkeit hat, in seine Schwimmblase hinein Druckluft abzuscheiden. Da in bedeutenden Tiefen der Druck ein gewaltiger ist, so wird — entgegengesetzt zu den Verhältnissen des Versuches — durch Sinken oder Steigen selbst um einige m der Druck sich nur wenig ändern. Dem Tiefseefisch mufs daher die Erhaltung des labilen Gleichgewichts insofern eine leichtere Aufgabe sein, als er schon durch sehr geringe und langsame Muskelbewegungen sich vor dem völligen Herabsinken oder Steigen bewahren kann. Seine Verwandten an der Oberfläche können nicht in solcher Ruhe dahinleben. Durch unausgesetzte kleine Bewegungen der Muskulatur von Blase und Flossen mufs der Fisch, der in geringen Tiefen lebt, auf den hier verhältnismäfsig stark variierenden Wasserdruck Rücksicht nehmen. Natürlich wird der Fisch nur dann diese beständigen Bewegungen allein der Erhaltung des Gleichgewichtes wegen machen, wenn er nicht seinen zahlreichen anderen Trieben folgt, die ihn ja ohnehin in fast beständiger Bewegung erhalten. Vergleiche bezüglich der Erhaltung des Gleichgewichtes beim stehenden und beim sich bewegenden Menschen können zu Denkaufgaben herangezogen werden, die aber das rein physikalische Gebiet bereits überschreiten.

Wie man sehr einfach einen Cartesianischen Taucher in eine Umgebung bringen kann, in welcher der Druck beim Steigen und Fallen fast ganz ungeändert bleibt, so dafs der Taucher zum fast völligen Schweben kommt, wurde a. a. O., S. 215, Versuch 2 gezeigt. Da ein wirkliches Schweben des Tauchers nur mit anderen Mitteln erreichbar ist (Versuch 3), so kann das Experiment benutzt werden, um mit besonderer Deutlichkeit die charakteristische Eigenschaft der Flüssigkeiten — Verschiebbarkeit der Teilchen durch die kleinsten Kräfte — zur Anschauung zu bringen.

Bei den unter 1 und 2 in der mehrfach citierten Mitteilung beschriebenen Versuchen gewährt die Benutzung des Röhrchentauchers die Möglichkeit, diese Versuche mit enghalsigen, hohen Flaschen, anstatt der Cylinder, ausführen zu können. Es ist dadurch viel leichter möglich, für die Gefäfse die unbedingt erforderlichen luftdicht schliefsenden Korke zu beschaffen.

Die Taucher mit seitlicher Öffnung aus weifsem, sowie hellfarbigem Glase nebst „Taucherglocke" sind aufser von A. Eichhorn, auch von Meiser und Mertig in Dresden, sowie von G. Lorenz in Chemnitz zu beziehen.

Einfache Schulversuche zur Lehre von der Wärmestrahlung.

Von

Dr. **K. T. Fischer,** Privatdozent a. d. technischen Hochschule München.

Von drei möglichst gleichen Stabthermometern, welche in ganze Grade eingeteilt sind, wird das eine in eine Mischung von Alkohol-Rufs eingetaucht, so dafs sein Quecksilbergefäfs gut geschwärzt wird, das zweite wird mittelst der Martinschen Versilberungsflüssigkeit unten versilbert, das dritte bleibt blank.

1. Die drei Thermometer zeigen die gleiche Temperatur und zwar die ihrer Umgebung z. B. der Zimmerluft an, solange nur diese auf sie einwirkt und sich keine



Wärmequelle von höherer Temperatur als die Umgebung in der Nähe der Thermometer befindet.

2. Bringt man aber z. B. eine Rundbrennerlampe auf ca. 20 cm Entfernung an die 3 Thermometer heran, welche symmetrisch zur Lampe angeordnet sein müssen (Fig. 1), so beginnen sie verschieden rasch zu steigen und geben schliefslich constante Angaben, welche aber von einander sehr abweichen: Das berufste Thermometer stellt sich auf die höchste Temperatur ein, das versilberte auf die niedrigste, das blanke weist eine zwischen beiden und zwar näher an der des berufsten liegende Angabe auf. Der Grund hierfür ist folgender: Die Thermometer erwärmen sich erstens infolge der Wärmeleitung, die zwischen der umgebenden Luft und ihnen stattfindet, und dieser zufolge suchen sie die Temperatur der Umgebung anzunehmen; dieser Wirkung gegenüber verhalten sich alle 3 Instrumente gleich; zweitens aber strahlt den Thermometern von der Rundbrennerlampe Wärme zu, welche an den Thermometern in verschiedenem Grade absorbiert bezw. reflektiert wird; diese Wärmestrahlen erwärmen die Luft nur sehr wenig, aber an den verschiedenen Oberflächen der drei Thermometer werden sie in sehr verschieden hohem Grade absorbiert: Das berufste Quecksilbergefäfs absorbiert die Wärme, welche ihm zustrahlt, fast vollständig, das versilberte dagegen fast keine, sondern es reflektiert die Wärmestrahlen sehr vollständig, ähnlich wie die Lichtstrahlen; das blanke Thermometer absorbiert einen grofsen Theil der Wärmestrahlen, da sie in ziemlichem Betrage in das Glas des Quecksilbergefäfses eindringen und dort „verschluckt“ werden. Aus diesem Grunde giebt nur das versilberte Thermometer mit grofser Annäherung die Temperatur der umgebenden Luft an (Schliefse hieraus auf die Unbestimmtheit des unter „Wetterbericht“ in Zeitungen zu findenden Ausdruckes: „Angabe des Thermometers in der Sonne“). Die stationäre Einstellung des berufsten und des blanken Thermometers wird dadurch erreicht, dafs sie, infolge der Absorption über die Umgebungstemperatur erwärmt, ihrerseits wieder durch Strahlung und Leitung Wärme an die Umgebung abgeben; ist die Wärmemenge, welche sie infolgedessen abgeben, gleich der Menge der ihnen zugestrahlten und absorbierten Wärme, so nimmt der Quecksilberfaden in ihnen eine unveränderliche Stellung ein. Natürlich ist diese bei beiden verschieden.

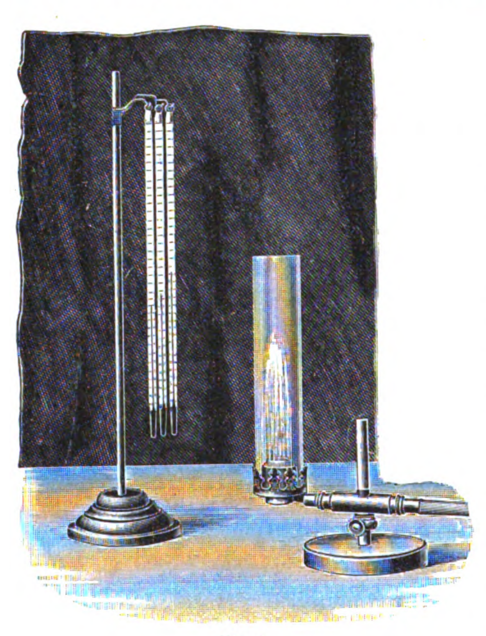


Fig. 1.

Löscht man die Gaslampe, so kühlen sich die drei Thermometer verschieden rasch ab; am raschesten das geschwärzte, da die Körper um so mehr Wärme ausstrahlen, je leichter sie dieselbe absorbieren (Kirchhoffs Satz vom Absorptions- und Emissionsvermögen). Schliefslich aber stellen sich alle drei Thermometer wieder auf gleiche Temperatur ein. Die Figur 2 zeigt das Resultat einer Beobachtungsreihe, welche von 2 Beobachtern, die möglichst gleichzeitig in Zwischenräumen von 1 Min. Ablesungen machten, ermittelt wurde.

3. Bringt man an die Stelle der Gaslampe ein Becherglas mit einer kräftig

wirkenden Kältemischung, so zeigen das blanke und das berufste Thermometer eine tiefere Temperatur an, als die der Umgebung, weil sie mehr Wärme an die Kältemischung ausstrahlen.

4. Sehr interessant gestaltet sich der Versuch, wenn man unmittelbar, bevor man die Gaslampe anzündet, das zu schwärzende Thermometer in die Rufs-Alkohol-Mischung eintaucht. Es tritt dann am schwarzen Thermometer zuerst Abkühlung ein infolge der Verdunstung des Alkohols; der Einflufs dieser Verdunstung ist bei geeigneter Entfernung der Gaslampe stärker als der der Wärmeabsorption. Wenn indessen in diesem Falle auch das berufste Thermometer zunächst sinkt, so steigt es doch bald sehr rasch wieder an und wenn aller Alkohol verdunstet ist, hat es bald die anderen überholt. In der Figur 2 giebt die gestrichelte Kurve das Verhalten des frisch benetzten, geschwärzten Thermometers wieder.

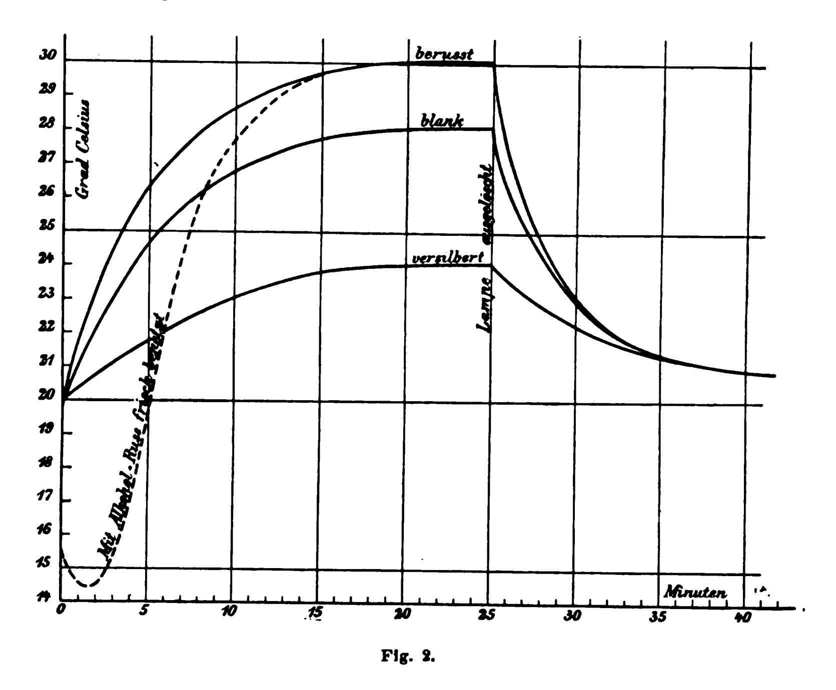


Fig. 2.

5. Bringt man zwischen die Gaslampe und die drei Thermometer verschiedene Körper in Plattenform wie z. B. Glas, Hartgummi, Glimmer, einen schmalen Glastrog mit verschiedenen Flüssigkeiten, so kann man leicht und einwandfrei die Durchlässigkeit verschiedener Körper für Wärmestrahlen nachweisen.

Selbstverständlich lassen sich die Erscheinungen auch objektiv darstellen, wenn man Projektionsthermometer nimmt; es scheinen mir aber die beschriebenen Versuche deswegen besonders nützlich, weil sie, ohne viele Kosten zu verursachen, als Schülerversuche ausführbar sind.

Die Versilberung der Thermometer stellen wir nach dem alten und in unserem Institute viel und mit Erfolg benützten Verfahren von A. Martin (*Pogg. Ann. 120. 1863, S. 335 ff.*) her; es ist sehr einfach auszuführen und lohnt reinliche Arbeit durch gute und dauerhafte Überzüge.

Man bereite zunächst:

1. Eine Lösung von 10 g salpetersaurem Silber in 100 g destilliertem Wasser. — 2. Eine wässerige Ammoniaklösung von der Dichte 0,985; eine solche erhält man genügend genau, wenn man zu 50 ccm käuflichen „Salmiakgeistes“ 80 ccm

destilliertes Wasser fügt. — 3. Eine Lösung von 20 g Aetznatron in 500 g destilliertem Wasser.

Aus diesen drei Lösungen stellt man sich die Versilberungsflüssigkeit her: Zu 12 ccm von Lösung 1 tropfe man so lange Lösung 2 (ca. 8 ccm) zu, bis sich der entstehende Niederschlag wieder auflöst und setze 20 ccm L. 3 dazu, was einen schwarzen Niederschlag bewirkt. Man setze wiederum vorsichtig von L. 2 zu, nicht bis die Lösung vollständig klar ist, sondern nur, bis der Niederschlag aufgelöst ist. (Gut schütteln.) Um zu vermeiden, dafs L. 2 im Ueberschufs vorhanden, tropfe man noch ein wenig von L. 1 zu, bis wieder Ausscheidung erfolgt und verdünne mit destilliertem Wasser, bis das Gesamtvolumen = 160 ccm ist. Die nicht ganz helle Lösung lasse man bis zum nächsten Tage stehen. Sie wird dann vollständig klar, ist zum Gebrauch fertig und hält sich im Dunkeln mehrere Wochen.

4. Reduktionsflüssigkeit: 25 g Zucker in 200 g destilliertem Wasser gelöst, werden nach Zusatz von 1 ccm Salpetersäure 20 Minuten kochen gelassen, dann mit destilliertem Wasser auf 450 ccm ergänzt, und endlich noch 50 ccm 96%-iger Alkohol dazu gesetzt. Die Lösung (sogenannter „Invertzucker") hält sich Monate lang.

Um die Thermometer zu versilbern, reinige man sie gut mit Salpetersäure oder scharfer Seife und spüle sie kräftig in Wasser. Während sie noch im Wasser stehen, mische man in einem kleinen Reagenzglase 10 ccm Versilberungsflüssigkeit und 1 ccm Reduktionsflüssigkeit, und tauche gleich nachdem diese sorgfältig herzustellende Mischung fertig ist, das noch nasse Thermometer ein, das etwa an einem Stativ befestigt wird und dessen Quecksilbergefäfs richtig in der Flüssigkeit hängen soll. Die Silberausscheidung beginnt schon nach wenigen Sekunden und ist im diffusen Tageslicht in 20 bis 30 Minuten beendigt. Falls nötig, kann sofort eine zweite Silberschicht auf der ersten niedergeschlagen werden.

Die versilberten Thermometer werden mit Wasser und schliefslich mit Alkohol abgespült, der in der Regel reiner ist als destilliertes Wasser, und zum Trocknen aufgehängt. Der Überzug ist bereits nach einer Stunde so hart, dafs er vorsichtig mit feinem Gemsleder und „Pariser Rot" bis zum Spiegelglanz aufpoliert werden kann. Es ist wichtig, dafs die Silberschicht vor dem Polieren erst vollständig getrocknet und hart geworden ist.

Ein so versilbertes Thermometer hält sich bei sorgfältiger Behandlung jahrelang.

Versuche mit einem Vakuumelektroskop.

Von

H. Pflaum in Riga.

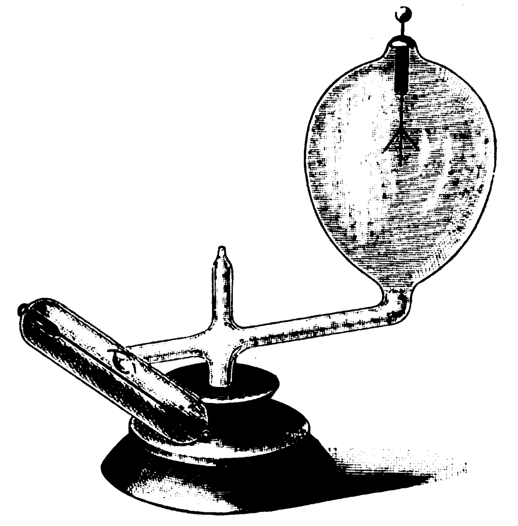
Eine Beschreibung des Apparats ist bereits in den Annalen der Physik (1900, I, S. 290 ff.) gegeben worden; da derselbe aber unterdefs eine neue Form erhalten hat, in welcher es möglich war, ihn dem absoluten Vakuum noch näher zu bringen, so sei es gestattet, ihn hier nochmals zu beschreiben und auch eine Abbildung beizufügen.

Der Apparat besteht aus zwei mit einander zusammenhängenden Teilen, dem eigentlichen Elektroskop und einer als Vakuummeter dienenden Glasröhre, in welche zwei einander bis auf etwa 1 mm genäherte Drähte eingeschmolzen sind. Während des Evakuierens oder aber während des Vorversuchs, welcher über die Höhe des im



Apparate herrschenden Vakuums unterrichten soll, wird zwischen Elektroskop und Vakuummeter ein zur Erde abgeleitetes Stanniolblatt gebracht. Auf diese Weise ist es möglich, hochgespannte Ströme durch das Vakuummeter zu leiten, ohne dafs dadurch die zarten Blättchen des Elektroskops beschädigt werden. Das Elektroskop selbst besteht aus einem birnförmigen Glasballon, in welchem ein starker Aluminiumdraht eingeschmolzen ist. Letzterer trägt eine kleine polierte Aluminiumkugel und geht im Innern des Glasballons in eine flache Lamelle mit abgerundeten Kanten über, an welchen die etwa 1 cm langen und $1^1/_2$ mm breiten Pendelblättchen aus starker Aluminiumfolie befestigt sind. Knopf und Lamelle sind sorgfältig poliert, Spitzen und Unebenheiten vermieden, die Schmelzstelle durch Firnifs isolirt. Für die Güte der Isolation spricht der Umstand, dafs schwächere Ladungen sich bei trockener Witterung stundenlang halten.

Schaltet man das Vakuummeter der Funkenstrecke eines Induktoriums parallel, so bleibt der Apparat vollkommen dunkel, falls die Funkenstrecke nicht mehr als 62 mm beträgt, jedoch auch bei gröfseren Funkenstrecken bis zu 100 mm und darüber gehen die Entladungen vorzugsweise durch die Luft, was für den hohen Grad des im Apparate herrschenden Vakuums spricht, der jedenfalls weit jenseits des Vakuums der Röntgenstrahlen liegt. Herr Glastechniker Müller-Unkel in Braunschweig liefert den Apparat zum Preise von 35 Mark pro Stück und hofft in Zukunft die Evakuierung noch weiter fortsetzen zu können, was übrigens an den Versuchsresultaten nur wenig ändern dürfte.



Der Apparat eignet sich, falls die Aufsenwandung und die umgebende Luft genügend trocken sind, zum unmittelbaren Nachweise der beim Reiben von Metall gegen Isolatoren und Halbleiter auf ersterem auftretenden Elektrizitätsart. Es genügt vollkommen, mit dem zu untersuchenden Körper leicht über den Aluminiumknopf hinzustreichen, um augenblicklich eine meist 90° und darüber betragende Divergenz der Blättchen zu erreichen. Dabei ergiebt sich, dafs der gut polierte Aluminiumknopf gegenüber den meisten Körpern elektropositiv wird, z. B. gegenüber Holz (rauh oder poliert), Kork, Marmor, Wachs, Stearin, Leder (rauh oder glatt), Celluloïd, Plüsch, Radiergummi, Doppelspat, glattes Papier, Seide, Wolle, Guttapercha, Siegellack, Schwefel, Bernstein, Kolophonium, Kautschuk, Zucker, Alabaster etc., elektronegativ dagegen beim Reiben gegen rauhes Papier, Porzellan, Perlmutter, Haare, Borsten, Quarz, Arragonit, Glas etc. Die Versuche sind so leicht und einfach auszuführen, dafs eine Stunde hinreichen würde, um gegen hundert Körper auf ihr elektrisches Verhalten gegenüber dem Metallknopf des Elektroskops zu untersuchen. Dabei treten bei diesen Versuchen, wohl wegen der geringen Spannung der erregten Elektrizitätsmengen, keine störenden Condensatorwirkungen der Glaswandungen auf, wie sie z. B. im Folgenden beschrieben werden sollen.

Nähert man einen elektrisierten Körper dem Knopfe aus gröfserer Entfernung, so divergieren die Blättchen in gewöhnlicher Weise, d. h. mit einer Ladung, die



derjenigen des genäherten Körpers gleichnamig ist. Nähert man den elektrisierten Körper bis auf ca. 20—25 cm, so wird die gleichnamige Elektrizität aus den Blättchen verdrängt, was sich an einem leichten Zucken der Blättchen sichtbar macht, ohne dafs dieselben in die Ruhelage zurückkehren. Die Blättchen sind nun ungleichnamig, die Glashülle gleichnamig mit dem genäherten Körper geladen. Leitet man jetzt die Glashülle zur Erde ab, so nimmt die Divergenz der Blättchen zu, leitet man hingegen den Knopf ab, so verschwindet die Divergenz oder tritt nach voraufgegangener Entladung mit dem entgegengesetzten Zeichen auf.

Nähert man den elektrisierten Körper den Blättchen von unten her, so tritt auf gröfsere Entfernung eine zeitweilige Divergenz mit ungleichnamiger Elektrizität ein, bei geringer Entfernung aber eine Dauerladung mit gleichnamiger Elektrizität. Das Ausströmen der ungleichnamigen Elektrizität verrät sich auch jetzt durch ein leichtes Zucken der Blättchen. Leitet man darauf den Knopf ab, so nimmt die Divergenz bedeutend zu, bei Ableitung des Glases tritt Entladung ein oder es erfolgt Divergenz der Blättchen mit ungleichnamiger Elektrizität. — Hält man den elektrisierten Körper längere Zeit in der Nähe des Knopfs, resp. unterhalb der Lamelle, während die Glaswandungen zur Erde abgeleitet sind, so werden die Blättchen von der Lamelle angezogen und legen sich ganz an dieselbe an. Es sind die Blättchen also durch das Klebemittel, durch welches sie an die Lamelle befestigt sind, von letzterer schwach isoliert und können eine Ladung annehmen, die derjenigen der Lamelle entgegengesetzt ist.

Läfst man einen Funken auf den Knopf des Elektroskops überspringen, so laden sich die Blättchen mit ungleichnamiger Elektrizität, meist aber divergieren sie zunächst garnicht, sondern erst nach Ableitung der Glashülle; wird dagegen der Knopf nach dem Überspringen des Funkens abgeleitet, so wechselt die Ladung der Blättchen, sie divergieren nun mit gleichnamiger Elektrizität. Läfst man den Funken auf die Glashülle überspringen, so divergieren die Blättchen ebenfalls zunächst garnicht, nach Ableitung der Glashülle jedoch mit ungleichnamiger, des Knopfes mit gleichnamiger Elektrizität.

Leitet man den Knopf zur Erde ab und nähert den elektrisierten Körper, so tritt trotzdem sehr starke Divergenz der Blättchen auf und zwar mit ungleichnamiger Ladung, diese Divergenz nimmt bei nachheriger Ableitung der Glashülle etwas zu und verschwindet bei Ableitung des Knopfes. Ist während der Annäherung des elektrisierten Körpers die Glashülle abgeleitet, so laden sich die Blättchen gleichnamig oder scheinen ungeladen, in letzterem Falle sind sie jedoch auch gleichnamig geladen und wird die Divergenz sichtbar nach Ableitung des Knopfs.

Wird bei abgeleiteter Glashülle der Körper von unten her den Blättchen nahe gebracht, so laden sich die Blättchen gleichnamig; leitet man dann die Glashülle von Neuem ab, so divergieren sie mit ungleichnamiger Ladung, nach Ableitung des Knopfs nimmt die Divergenz mit gleichnamiger Ladung zu. Wird bei abgeleitetem Knopf der Körper den Blättchen von unten her genähert, so tritt Divergenz mit ungleichnamiger Ladung auf, die sich bei Ableitung der Glashülle verstärkt, bei Ableitung des Knopfs verschwindet.

Die vorstehend beschriebenen Erscheinungen illustrieren deutlich die Influenz- und Condensatorwirkungen der Glashülle; um diese Versuche einem gröfseren Zuhörerkreis sichtbar machen zu können, wird man sich, wegen der Kleinheit der Blättchen, eines Projektionsapparates bedienen müssen. Die Wandungen der Glasbirne sind recht durchsichtig und frei von metallischem Niederschlag und auch die Krümmung der Wandungen stört den Projektionsversuch nicht.



Vorlesungsversuche[1].

Von

Prof. **Maximilian Rosenfeld** in Teschen.

1. Ein vereinfachter Apparat zur volumetrischen Elektrolyse.

Der Apparat besteht, wie Fig. 1 zeigt, aus einem 7 cm hohen und 3 cm breiten Cylinder *c*, welcher mit zwei gut passenden Kautschukpfropfen versehen ist, von denen der obere zwei 70 cm hohe und 1 cm breite, mit Hähnen versehene Gassammelröhren trägt. Im unteren, mit drei Öffnungen versehenen Pfropfen sind zwei Elektroden und ein rechtwinkelig gebogenes Röhrchen *r* befestigt, an welches sich ein mit Glastrichter *t* versehener Kautschukschlauch *s* anschliefst. Die Gassammelröhren, welche bei gleicher Höhe genau gleichen Rauminhalt besitzen müssen, reichen fast bis zum unteren Pfropfen hinab; das Röhrchen *r* ragt 5 mm in das Innere des Cylinders hinein und die Elektroden sind 6 cm höher als der Cylinder[2]).

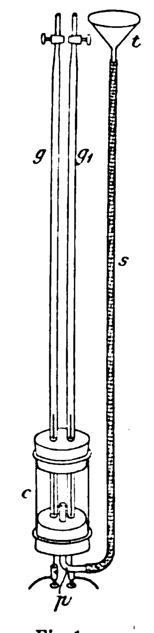


Fig. 1.

Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, ist der Apparat so eingerichtet, dass sich mit ihm die entsprechenden volumetrischen Versuche in kürzester Zeit und unter Anwendung eines schwachen Stromes ausführen lassen. Es ist zweckmäfsig, während der Zersetzung des Wassers oder des Ammoniaks die Flüssigkeit durch Bestreichen der Röhren mit der Gasflamme zu erhitzen. Selbstverständlich kommen bei der Elektrolyse des Wassers Platinelektroden zur Verwendung.

Bei der Zerlegung der Salzsäure wird folgendermafsen verfahren: Nachdem die Röhren mit einem Gemisch aus gleichen Raumteilen Wasser und concentrierter Salzsäure gefüllt wurden, erhitzt man dieselben bei geschlossenen Hähnen mit der Gasflamme bis auf etwa 60° und leitet sodann, um die Flüssigkeit mit Chlor zu sättigen, bei offenen Hähnen den elektrischen Strom zwei Minuten lang hindurch. Man unterbricht nun den Strom, schliefst die beiden Röhren ab und erhitzt dieselben mit der Gasflamme möglichst stark, indem man mit der Erwärmung von unten nach oben zu fortschreitet. Da sich hierbei in der Anodenröhre Chlor ansammelt, so müssen nach hinlänglichem Erhitzen die beiden Flüssigkeitssäulen gleich hoch gestellt werden. Dies geschieht durch Herabsenken der Flüssigkeit im Wasserstoffschenkel, wobei die Chlorröhre nicht mehr geöffnet werden darf. Wird jetzt der Strom geschlossen, so sind die beiden Röhren in wenigen Sekunden zu gleichen Raumteilen mit Gas erfüllt. Es ist angezeigt, auch während der Elektrolyse die Flüssigkeit durch momentanes Bestreichen der Röhren mit der Flamme zeitweise zu erhitzen.

Der Versuch nimmt, in der hier beschriebenen Weise ausgeführt, nur wenige Minuten Zeit in Anspruch und ergiebt bei genauer Befolgung der gegebenen Weisungen ausgezeichnete Resultate. Die Stellung des Trichters während der Elektrolyse hat auf das Ergebnis des Versuches keinen Einflufs.

Dieser Apparat ist, abgesehen davon, dafs die volumetrischen Versuche sich

---

[1]) Vorgeführt auf dem 7. deutschen Mittelschultage in Wien am 9. April d. J.

[2]) Anm. der Red. Man vergleiche den Apparat von B. Kolbe, d. Zeitschr. X, 75.

damit in kürzester Zeit ausführen lassen, schon deshalb für den Gebrauch an Mittelschulen sehr geeignet, weil im Falle einer Beschädigung die einzelnen Teile leicht zu ersetzen sind.

2. Synthese der Salzsäure.

Im Jahre 1887 habe ich (*Ber. d. chem. Ges. XX, 6*) einen elektrolytischen Apparat beschrieben, mit welchem sich bei Anwendung eines Stromes von zwei Bunsenschen Elementen Glaskugeln oder Röhren in wenigen Minuten mit Chlorknallgas füllen lassen. Dieser Apparat läfst sich nun durch Beseitigung des Umhüllungscylinders wesentlich vereinfachen und besteht (Fig. 2) aus einem 23 cm hohen und 2 cm weiten Glasrohre *z*, in dessen unterer Öffnung mittels eines Kautschukpfropfens zwei 12 cm lange Kohlenelektroden befestigt sind und dessen obere Öffnung einen mit einem 14 cm hohen zweischenkeligen Kugelrohre *k* versehenen Pfropfen trägt. Damit sich die beiden Kohlenstäbe nicht berühren, ist der eine derselben mit einem Stück Kautschukschlauch *s* versehen. Zur Ausführung der Operation füllt man die Röhre *z* nicht ganz zur Hälfte mit einer Mischung aus gleichen Raumteilen Salzsäure und Wasser, welche in der Hitze mit Kochsalz gesättigt wurde, fügt noch etwas Kochsalz hinzu und erhitzt sodann die Flüssigkeit, welche höchstens die Spitzen der Elektroden erreichen darf, durch Bestreichen der Röhre mit der Gasflamme.

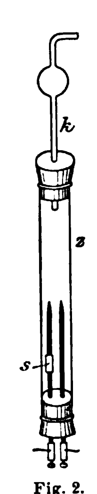


Fig. 2.

Wird nun bei ununterbrochenem Erwärmen der Strom von zwei Bunsen-Elementen durch die im Rohre befindliche Flüssigkeit geleitet, so tritt eine so lebhafte Gasentwicklung ein, dass schon nach Verlauf weniger Minuten eine an der Röhre *k* befestigte Glaskugel zur Explosion gebracht werden kann. Zu diesem Zwecke hängt man die mit Chlorknallgas gefüllte und an beiden Enden mit Kautschukschlauch und Glasstab verschlossene Glaskugel mit Hülfe eines mit einem Haken versehenen starken Zinkblechdeckels in einen Glascylinder und belichtet letzteren mit brennendem Magnesium. Nach fünf Minuten langem Einleiten von Chlorknallgas explodieren die Kugeln so heftig, dafs dünnwandige Cylinder durch den Stofs zerbrechen; man verwende daher nur starkwandige Cylinder. Die Hofmannsche Kugelröhre, mit welcher der experimentelle Beweis ausgeführt wird, dafs Chlor und Wasserstoff sich ohne Volumveränderung mit einander vereinigen, ist nach zehn Minuten langem Durchleiten vollständig mit Chlorknallgas gefüllt.

An die Beschreibung dieses Versuches knüpft Hofmann (*Einl. in die moderne Chemie, 5. Aufl., S. 57*) folgende Bemerkung: „Aufserdem verdient bemerkt zu werden, dafs die Verbindung der beiden Gase von beträchtlicher Wärmeentwicklung begleitet ist und der gebildete Chlorwasserstoff infolge seiner momentan vermehrten Spannung die Röhre zerschmettern könnte. Man versäume daher nicht, wenigstens das Auge zu schützen. Eine Scheibe starken Spiegelglases mit einem Holzgriffe, oder besser noch ein Drahtnetzschirm eignet sich trefflich für solchen Zweck.“

Ich habe bereits vor zwölf Jahren (*Ber. d. ch. G. XX, 6*) darauf aufmerksam gemacht, dafs eine solche Zertrümmerung der Röhre auch wirklich vielfach erfolgt und es daher unzulässig ist, diesen Versuch auf die übliche Weise durch Belichtung der frei schwebenden Kugelröhre auszuführen. Auf Grund neuerlich ausgeführter Versuche, bei welchen von zehn Röhren fünf zertrümmert wurden, empfehle ich daher nochmals, zum Schutze des Experimentators und der Schüler die Röhre zur Belichtung in einen Holzkasten einzuhängen, welcher in der Höhe der Kugel mit einer kleinen, starkwandigen Glasscheibe versehen ist.

3. Eine einfache Methode der Teilung der Flamme.

Während Teclu zur Ausführung seines interessanten Versuches über die Teilung der Flamme seinen gut ziehenden Brenner und besonders construierte Röhren verwendet, gestattet die folgende Methode die Anwendung jedes beliebigen Brenners und einer einfachen Glasröhre. Der Versuch wird mit einem etwa 70 cm langen und 1,5 cm weiten Verbrennungsrohre vorgenommen, welches im dritten Teile seiner Höhe mit einem nach dem kürzeren Teile der Röhre zu fingerhutförmig ausgebogenen und an die Wandung fest anschliefsenden Drahtnetze versehen ist.

Diese Röhre befestigt man, mit der ausgebogenen Seite des Drahtnetzes nach unten, an einem Stativ in solcher Höhe über einem beliebigen Brenner, dafs sich die beiden Mündungen berühren, läfst das Leuchtgas bei offener Luftzufuhr des Brenners ausströmen und entzündet es an der Mündung der Röhre. Hebt man nun die Röhre, welche zu diesem Zwecke nicht allzu fest in der Klammer befestigt ist, in die Höhe, so wird man bald eine Stellung erreichen, bei welcher die Teilung der Flamme erfolgt. Damit die Verschiebung genau in der Richtung des Brenners erfolgt, ist es angezeigt, die Röhre zwischen zwei von einander abstehenden Klammern zu befestigen. Um auf diese Weise eine schwebende Flamme zu erhalten, mufs die Röhre ungemein langsam gehoben werden. Sehr sicher gelingt jedoch der Versuch, wenn man die Röhre vor der Verschiebung etwa 5 cm unter dem oberen Ende an einer Stelle mit der Brennerflamme möglichst stark erhitzt. Hebt man sodann die Röhre in die Höhe, so erfolgt die Teilung sehr leicht und man erhält die schwebende Flamme genau an der erhitzten Stelle.

Durch Erhitzen der Röhre unterhalb der schwebenden Flamme kann diese auf jeden beliebigen Punkt herabgesenkt werden, ein Beweis dafür, dafs die Verbrennung der Gassäule unterhalb dieser Flamme nur aus Mangel an der hierzu nötigen Wärme nicht erfolgt.

Viel imposanter gestaltet sich der Versuch bei der Anwendung von Acetylen. Die Teilung der Acetylenflamme wird ganz auf dieselbe Weise wie die der Leuchtgasflamme ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, dafs man das Glasrohr über die Brennerröhre stülpt, zuerst die Luftzufuhr des Brenners schliefst und dieselbe erst nach dem Entzünden des Gases an der Röhrenmündung wieder öffnet. Schiebt man nun die Röhre in die Höhe, so wird die russende Flamme bei einer bestimmten Stellung leuchtend und teilt sich sodann beim weiteren Heben in zwei grofse, leuchtende Flammen.

4. Über das Tönen der geteilten Flamme.

Bei der Ausführung des vorher beschriebenen Versuches bemerkt man, dafs die untere Flamme, wenn sie durch Heben der Röhre herabsinkt, in Schwingung gerät und zu tönen beginnt. Erreicht diese Flamme das Drahtnetz, so bleibt sie auf demselben unter lebhaftem Tönen haften. Man kann zur Ausführung dieses Versuches, welcher die Heftigkeit der Bewegung der Gasteilchen an dieser Stelle zur Anschauung bringt, Röhren von beliebiger Höhe, bis zu 10 cm herab, verwenden und sie in einem solchen Abstande über dem Brenner befestigen, dafs die geteilte Flamme das Drahtnetz erreicht, daher beim Entzünden des Gases an der Mündung der Röhre sofort zum Tönen gebracht wird. Damit die Röhre durch die sehr heifse tönende Flamme nicht springe, mufs das Drahtnetz fingerhutartig gebogen sein. In diesem Falle befindet sich die Flamme nur am Grunde des Drahtnetzes, und die Ränder desselben schützen die Röhre vor allzu starker Erwärmung.



Sehr hübsch gestaltet sich der Versuch, wenn man mehrere entsprechend gestimmte Pfeifen zu einem Accorde vereinigt und sodann während des Tönens einen nicht zu weiten Cylinder abwechselnd über die einzelnen Pfeifen langsam herabsenkt, wobei die anderen Töne sich dem so veränderten einzelnen Tone zu neuen und verstärkten Accorden anpassen. In dieser Form vorgeführt, kann die Vorrichtung ganz passend eine chemische Orgel genannt werden.

Beim Abbrennen von Acetylen in einer Explosionspipette (*diese Zeitschr. XI, p. 271*), in deren Hals, etwa 4—7 cm über der Kugel, ein nach unten ausgebogenes Drahtnetz befestigt ist, erfolgt zuerst die Teilung der Flamme, sodann das Tönen der geteilten Flamme auf dem Drahtnetze und endlich die Explosion des in der Kugel befindlichen Gasgemisches.

Versuche über das Rollen auf kreisförmiger Bahn.

Von

A. v. Obermayer in Wien.

Bei den meisten Versuchen, welche zum Nachweis der Grundgesetze der Mechanik in Vorlesungen vorgeführt werden, treten allerlei begleitende Erscheinungen auf, welche die Theorie der Versuche complicieren, wie bei der Atwoodschen Fallmaschine, beim Rollen einer Kugel in einer Rinne u. dgl. m. In dem letzteren Falle, bei einer Neigung der Rinne zum Horizonte um den Winkel α wäre die Beschleunigung eines ohne Reibung herabgleitenden schweren Punktes $g \sin \alpha$. Die Beschleunigungen des Schwerpunktes einer rollenden Kugel, eines rollenden Cylinders oder Cylindermantels sind $\frac{5}{7} g \sin \alpha$, $\frac{2}{3} g \sin \alpha$, $\frac{1}{2} g \sin \alpha$. Die durch die Arbeit der Schwere erzeugte lebendige Kraft teilt sich bei diesen Körpern, und zwar für ähnliche Körper stets in demselben Verhältnisse, zwischen die Translation und die Rotation.

Ein Nachweis dieses Verhaltens würde eine Zeitmessung und damit eine immerhin weitläufigere Versuchsanordnung erfordern. Läfst man aber diese Körper auf Schienen rollen, welche nach einem Kreisbogen gekrümmt sind, so kann mit Zuhilfenahme eines Pendels, welches hinter der Schiene schwingt und dessen Schwingungsmittelpunkt einen Kreis von demselben Halbmesser beschreibt, wie der Mittelpunkt der rollenden Körper, eine derartige Messung sehr einfach ausgeführt werden.

Sehr anschaulich werden derlei Versuche bei Anwendung kreisförmiger Scheiben, welche nicht auf dem Umfange, sondern auf concentrisch eingesetzten Achsen rollen. Es ist dann möglich, die Durchmesser der letztern so zu wählen, dass das Pendel 3, 5, 7, 9 Hin- und Hergänge während eines Hinganges des rollenden Körpers ausführt. Beginnen das Pendel und der rollende Körper ihre Bewegung aus dem gröfsten Ausschlage auf einer Seite, so treffen sie auf der entgegengesetzten Seite gleichzeitig ein, aber das Pendel nach 3, 5, 7, 9 . . Schwingungen. Diese Erscheinung lässt sich von einem sehr grofsen Auditorium beobachten.

Den Halbmesser der Kreisbahnen wählt man zweckmäfsigerweise grofs, so dafs auch bei den grössten Ausschlägen der Winkel der gleitenden Reibung, für Gufseisen auf Gufseisen $9^0\, 6'$, für Schmiedeeisen auf Gufseisen $10^0\, 12'$, nicht erreicht wird. Auch kommt dabei der Unterschied der Bahnhalbmesser der rollenden Körper weniger in Betracht, und man reicht mit einem Schienenpaar aus.

Für das Rollen eines Rotationskörpers vom Halbmesser a, auf dem vertikalen Kreise vom Halbmesser b, unter dem Einflusse der Schwere, wenn die Reibung am Umfange der rollenden Fläche, soweit sie das Rollen veranstaltet, mit F bezeichnet wird, hat man für die Bewegung des Schwerpunktes auf dem Kreise vom Halbmesser $b - a$ die Differentialgleichung



$$M(b-a)\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -Mg\sin\varphi - F, \qquad (1)$$

worin φ den Ausschlagwinkel des Schwerpunktes aus der Gleichgewichtslage bedeutet.

Für die Drehung unter dem Einflusse der Reibung hat man, wenn mit k der Trägheitshalbmesser des rollenden Körpers bezeichnet wird:

$$Mk^2\frac{d^2\Theta}{dt^2} = F.a. \qquad (2)$$

Wenn der rollende Kreis aus der Gleichgewichtslage in die durch die Coordinate φ bestimmte Stellung gelangt ist, so hat sich der Halbmesser, welcher in der Gleichgewichtslage vertikal war, um den Winkel Θ gedreht, sich dabei aber ein dem Winkel $\Theta + \varphi$ entsprechender Teil des rollenden Kreisumfanges auf dem festen Kreise abgewickelt. Es ist daher:

$$a(\Theta + \varphi) = b\varphi, \quad \frac{d^2\Theta}{dt^2} = \frac{b-a}{a}\frac{d^2\varphi}{dt^2}. \qquad (3)$$

Wird dieser Wert in die Gleichung (2) eingeführt und dann in (1) substituiert, so ergiebt sich die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{a^2}{k^2+a^2}\frac{g}{b-a}\sin\varphi. \qquad (4)$$

Zur Zeit $t=0$ sei die Anfangswinkelgeschwindigkeit $\frac{d\varphi}{dt}=0$, und die Ausweichung aus der Gleichgewichtslage $\varphi = \varphi_0$, dann ist für den Durchgang durch die Gleichgewichtslage, wenn noch:

$$(b-a)(1-\cos\varphi_0) = h \quad (4), \qquad \frac{a^2}{a^2+k^2} = \frac{1}{\varkappa^2} \qquad (5)$$

gesetzt werden, die Geschwindigkeit v_0

$$v_0 = \frac{1}{\varkappa}\sqrt{2gh}. \qquad (6)$$

Werden unendlich kleine Schwingungen vorausgesetzt und statt des $\sin\varphi$ der Bogen φ eingeführt, so geht die Differentialgleichung unter Berücksichtigung von (5) über in:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{1}{\varkappa^2}\frac{g}{b-a}\varphi$$

und damit wird die Schwingungsdauer:

$$\tau = \varkappa.\pi\sqrt{\frac{b-a}{g}}, \quad \tau = \varkappa\tau_0, \qquad (7)$$

wenn mit τ_0 die Schwingungsdauer des Pendels von der Länge $(b-a)$ bezeichnet wird. Wird mit τ_0' die Schwingungsdauer des Pendels bei endlichem Ausschlage bezeichnet, so gilt auch noch die Gleichung

$$\tau' = \varkappa\tau_0'. \qquad (8)$$

Für den massiven Cylinder ist $k^2 = a^2/2$, $\varkappa^2 = 3/2$, $\tau = \tau_0\sqrt{1,5} = 1,2247\,\tau_0$;
für den Cylindermantel ist $k^2 = a^2$, $\varkappa^2 = 2$, $\tau = \tau_0\sqrt{2} = 1,4142\,\tau_0$;
für die Kugel ist $k = 2/5 . a^2$, $\varkappa^2 = 7/5$, $\tau = \tau_0\sqrt{1,4} = 1,1832\,\tau_0$.

Für eine cylindrische Scheibe vom Halbmesser r mit einer Achse vom Halbmesser a wird:

$$\varkappa = \sqrt{\frac{r^2+2a^2}{2a^2}}. \qquad (9)$$

Aus $\tau/\tau_0 = \varkappa$ (7), wird für den Halbmesser a der Achse:

$$a = \frac{r}{\sqrt{2(\varkappa^2-1)}}. \qquad (10)$$

Setzt man $\varkappa = 3, 5, 7, 9$, so erhält man $a_3 = r/4$, $a_5 = r/\sqrt{48}$, $a_7 = r/\sqrt{96}$, $a_9 = r/\sqrt{160}$.

Die Geschwindigkeiten, mit welcher die Schwerpunkte dieser Scheiben durch die Gleichgewichtslagen gehen, sind nach (6):

$$v_3 = {}^1/_3 \sqrt{2gh}, \quad v_5 = {}^1/_5 \sqrt{2gh}, \quad v_7 = {}^1/_7 \sqrt{2gh}, \quad v_9 = {}^1/_9 \sqrt{2gh}.$$

Die lebendigen Kräfte der Translation sind dann $^1/_9$, $^1/_{25}$, $^1/_{49}$, $^1/_{81}$, von jener einer ohne Reibung auf dem vom Schwerpunkte beschriebenen Kreise gleitenden Masse. In der Rotationsbewegung sind enthalten $^8/_9$, $^{24}/_{25}$, $^{48}/_{49}$, $^{80}/_{81}$. Diese rollenden Scheiben sind geeignet, die Funktion eines Schwungrades anschaulich zu machen.

Je kleiner der Halbmesser des rollenden Umfanges, desto gröfser mufs die Winkelgeschwindigkeit werden, damit bei geometrisch ähnlichen Körpern das Verhältnis zwischen der lebendigen Kraft der translatorischen und der rotatorischen Bewegung das gleiche sei.

Der Faktor $\varkappa = \sqrt{\frac{k^2 + a^2}{a^2}}$ ist bloss von dem Halbmesser der rollenden Cylinderfläche und dem Trägheitshalbmesser des rollenden Körpers abhängig; die Masse des letzteren kommt gar nicht in Betracht. Cylinder von gleichem Durchmesser aber verschiedenem spezifischem Gewichte, führen ihre rollende Bewegung zu gleichen Zeiten aus. Bei grossem Bahnhalbmesser b gilt dies auch mit sehr grosser Annäherung für Cylinder von verschiedenem Durchmesser. Mit der Abnahme des Cylinderhalbmessers nimmt aber die Winkelgeschwindigkeit des rollenden Körpers zu.

Stellt man die Kreisbahn derartig vor das schwingende Pendel, das sich Coinzidenzen beobachten lassen, so findet man, dass solche für den massiven Cylinder nach 8, für den Cylindermantel nach 5 Schwingungen, d. i. nach 10 und 7 Schwingungen des Pendels eintreten, der massive Cylinder geht dabei mit einer Geschwindigkeit $\sqrt{{}^4/_3 \cdot gh}$, der Cylindermantel mit jener $\sqrt{gh}$ durch die Gleichgewichtslage.

Die Reibung F, von welcher früher die Rede war, vermittelt nur die Umwandlung eines Teiles der von der Schwere geleistetenArbeit in lebendige Kraft rotierender Bewegung, verkleinert aber nicht die Schwingungsbögen, weil die ganze lebendige Kraft beim Ansteigen der Scheibe sich in potentielle Energie umsetzt. Die Schwingungsbögen nehmen aber thatsächlich ab, und zwar anfangs rascher und später langsamer. Eine constante, aus der Reibung entspringende Verzögerung würde eine Abnahme der Schwingungsbögen um gleich grosse Winkel bei jeder Schwingung zur Folge haben, die Ausschläge würden nach einer arithmetrischen Progression abnehmen. Eine Annäherung an den wirklichen Vorgang, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, wird durch Voraussetzung eines der 1. Potenz der Geschwindigkeit proportionalen Widerstandes erreicht. Man hat nun für die Bewegung des Schwerpunktes die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{\beta}{\varkappa^2} \frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{\varkappa^2} \frac{g}{b-a} \varphi = 0 \tag{11}$$

und damit die Schwingungsdauer: τ''

$$\tau'' = \varkappa \frac{\pi}{\sqrt{\frac{g}{b-a} - \frac{\beta^2}{4\varkappa^2}}} \tag{12}$$

und das logarithmische Decrement:

$$\lambda = {}^1/_2 \frac{\beta \tau''}{\varkappa^2}, \tag{13}$$

womit unter Berücksichtigung der Gleichungen (7):

$$\tau''^2 = \varkappa^2 \tau_0{}^2 \frac{\pi^2 + \lambda^2}{\pi^2} = \tau^2 \frac{\pi^2 + \lambda^2}{\pi^2} = \tau^2 \left(1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}\right). \tag{14}$$

Das Pendel, welches ich construieren liefs, besteht aus einer Holzstange mit den Drehschneiden am oberen und einer kreisförmigen Pendelscheibe von 13 cm Durchmesser nahe dem unteren Ende der Stange. Die Pendelscheibe ist auf einer Hülse befestigt, durch ein Gegengewicht ausbalanciert, läfst sich auf der Stange verschieben und durch eine Schraube

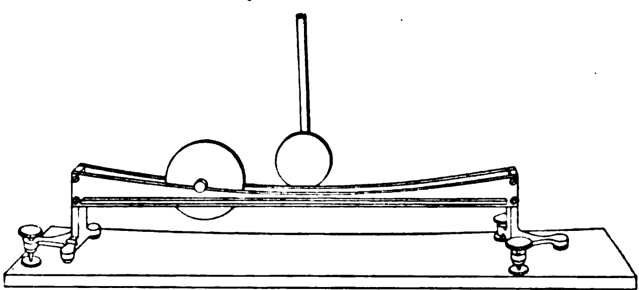


klemmen. Die reduzierte Pendellänge beträgt 219,3 mm. Für die Schwingungsdauer wurden mit Hilfe einer Registriertrommel und dem Quecksilbercontakte eines Uhrpendels, auf unendlich kleine Bögen reduziert, gefunden:

$$\tau_0 = 1{,}4625 \pm 0{,}0011 \text{ Sek.}$$

Für das logarithmische Decrement ergaben sich die Werthe $\lambda = 0{,}00061$ und $\lambda = 0{,}000455$, wonach die Schwingungsdauer durch den Widerstand, welchen das Pendel findet, kaum beeinflusst wird, wie aus den Gleichungen (14) leicht erkannt wird.

Die Kreisbahn wird aus zwei 78 cm langen gusseisernen, an der oberen Seite mit dem Halbmesser 222,5 cm ausgerundeten Schienen gebildet, welche parallel zu einander an Zapfen von rechteckigem Querschnitt geschraubt sind, die an Dreifüsse angegossen sind. Einer dieser Dreifüsse hat zwei Stellschrauben beiderseits der Längenmitte der Apparate; der andere Dreifuss hat eine Stellschraube in der Längenmitte. Mittels einer Libelle können die Schienen allseits horizontal gestellt werden. Der Abstand zwischen den Schienen beträgt 4 cm.



Der massive Gusseisencylinder hat einen Durchmesser von 7,59 cm und eine Länge von 9,08 cm. Für die Schwingungsdauer bei einem beiderseitigen Ausschlage von etwa 5,5°, d. h. circa 220 mm wurde gefunden $\tau = 1{,}8125$, während gerechnet und auf den Bögen von 5,5° reduziert, gefunden wird $\tau = 1{,}795$.

Für das logarithmische Decrement wurde hier $\lambda = 0{,}00322$ und $\lambda = 0{,}00361$ gefunden, der letztere Wert nahm mit dem Schwingungsbogen ab, der erstere Wert ist nahe constant.

Der kleine Messingring hat einen äusseren Durchmesser von 7,59 cm, ist 8,98 cm lang und besitzt eine Wandstärke von 2,5 mm. Für die Schwingungsdauer wurde 2,071 Sek. bei einem Ausschlage von circa 5,5° gefunden und 2,109 Sek. bei Berücksichtigung der Wanddicke gerechnet. Das logarithmische Decrement beträgt hier $\lambda = 0{,}00609$ und erwies sich merklich constant.

Der grosse Messingring hat einen äusseren Durchmesser von 15,00 cm bei einer Wandstärke von 3 mm und einer Länge von 8,83 cm. Für die Schwingungsdauer wurde hier 1,975 gefunden und 2,094 bei Berücksichtigung der Wandstärke gerechnet. Das logarithmische Decrement war $\lambda = 0{,}00330$ und nahm mit dem Schwingungsbogen ab.

Eine Gusseisenscheibe von 14,88 cm Durchmesser, 2,25 cm Dicke wurde mit einer Achse von 2,15 mm Durchmesser versehen, welche auf den Schienen rollt. Die Schwingungsdauer wurde 7,29 Sek. gefunden und $1{,}466 \,.\, 5 = 7{,}330$ Sek. berechnet. Das logarithmische Decrement nahm von kleineren Werten auf $\lambda = 0{,}01044$ zu, und erhielt sich auf diesem Werte constant, um mit den kleinen Schwingungsbogen rasch zuzunehmen.

Eine Gusseisenscheibe von 14,65 cm Durchmesser, ebenso dick wie die vorige, wurde mit einer Achse von 1,16 cm Durchmesser versehen, mit welcher sie auf den Schienen rollt. Die beobachtete Schwingungsdauer ist 13,08 Sek., die berechnete $1{,}466 \,.\, 9 = 13{,}194$ Sek. Das logarithmische Decrement $\lambda = 0{,}01477$ kann als merklich constant angesehen werden.

Über die Achse dieser Scheibe lassen sich Holzringe schieben, welche aussen in Messing gefasst und auf den Durchmesser 3,64 cm abgedreht sind. Die beobachtete Schwingungsdauer ist 4,388 Sek., die gerechnete $1{,}466 \,.\, 3 = 4{,}398$ Sek. Das logarithmische Decrement nimmt von einem gewissen Schwingungsbogen rasch ab.

Zwei Zinkscheiben von 1,24 cm Dicke und den Durchmessern von 24,41 cm und 27,39 cm wurden mit Achsen von 2,17 cm Durchmesser versehen. Die Schwingungszeiten wurden zu 10,30 Sek. und 12,96 Sek. gefunden und zu 1,466 . 7 = 10,262 und 1,466 . 9 = 13,194 Sek. berechnet. Die logarithmischen Decremente sind 0,00804 und 0,00909 und nehmen bei kleinen Schwingungsbögen zu.

Die richtigen und gleichen Durchmesser der rollenden Achshälften wurden auf einer Präzisionsdrehbank von Nic. Richter in Wien durch den Mechaniker F. W. Heidel hergestellt. Je dünner die Achsen, desto empfindlicher erwiesen sich die rollenden Scheiben gegen kleine Unterschiede in den Halbmessern, die so ziemlich unter 0,01 cm bleiben dürften.

Wenn in den beobachteten und gerechneten Schwingungszeiten doch merkliche Unterschiede vorkommen, so ist dies zumeist auf kleine Abweichungen der Schwerpunktslagen aus der geometrischen Achse der rollenden Körper zu setzen, damit dürften auch die Veränderungen des logarithmischen Decrementes zusammenhängen.

Versuche über Leuchtgasexplosionen.

Von

Dr. **F. Scriba** in Darmstadt.

Ein schöner Versuch, den Heumann in seiner Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie (2. Aufl., S. 465) angibt, hat mich zu weiteren Untersuchungen angeregt, die teilweise zu interessanten, ja unerwarteten Resultaten geführt haben. Obwohl ich mit der Deutung einiger Erscheinungen noch nicht völlig zu Ende gekommen bin, teile ich einstweilen aus der Zahl meiner Versuche einige mit, die mir für den Unterricht brauchbar erscheinen.

Die Stelle bei Heumann lautet: „. . . . in folgender Weise gelang es mir leicht, gefahrlose Explosionen hervorzurufen. — Eine etwa 1 Liter fassende, starkwandige, dreihalsige Flasche, deren Hälse nicht zu eng sind, wird in der Art vorbereitet, wie es die Figur zeigt (ähnlich wie Fig. 1). Durch den ersten Kork führt man Leuchtgas aus der Gasleitung ein und entzündet das Gas nach einigen Augenblicken, sobald die Luft ausgetrieben ist, an der Mündung der vertikalen, 15 bis 20 cm langen und 1 cm weiten (nicht engeren) Glasröhre, während selbstverständlich der dritte Tubulus geschlossen bleibt. — Hierauf wird die dritte Tubulatur geöffnet und dann der Gashahn zugedreht. Im ersten Augenblick vergrössert sich die Gasflamme oben an der Röhre, wird aber bald kleiner, und in dem Maſse, als der Inhalt der Flasche an Luft reicher wird, welche durch den offenen Tubulus eintritt, verliert die Gasflamme ihre Leuchtkraft, wird blau und senkt sich schliesslich langsam in der Röhre herab. Sobald die Flamme in das Innere der Flasche gelangt, findet mehr oder weniger heftige Explosion statt, welche jedoch ungefährlich verläuft, weil ja durch den offenen Flaschenhals und die Glasröhre den Gasen der Austritt gestattet ist. Aus diesen Öffnungen schlagen während der von dumpfem Knall begleiteten Explosion grosse Flammen heraus.“

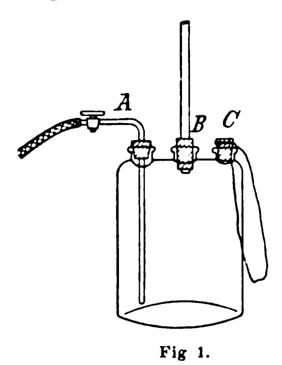
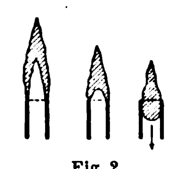


Fig 1.

Soweit Heumann. Ich benutze zu meinen Versuchen eine dreihalsige Flasche (Fig. 1) von 20 cm Höhe, 12 cm Breite und fast 2 l Inhalt; die Hälse sind 2 cm weit, die innere Weite der Röhren beträgt durchweg 1 cm oder etwas weniger. Der Gasschlauch wird vorteilhaft mit einem Quetschhahn oder die Glasröhre bei A mit einem Hahn versehen, wodurch das Abstellen des Gaszutritts sehr erleichtert wird. Anstatt nach Heumann die Tubulatur C zu öffnen, ist vorzuziehen, die Zuleitungsröhre bei A mit dem Stopfen zu entfernen, ehe der Gashahn geschlossen wird. Denn da bei den später zu beschreibenden

stärkeren Explosionen häufig der Stopfen aus der Flasche geschleudert wird, würde an Tub. A die Röhre zerbrochen werden. Aus demselben Grund mufs der Kork bei *B* lang sein und gut festsitzen. Den Kork bei *C* befestigt man mit Vorteil durch einen längeren Bindfaden an dem Tubulus. Ich bemerke, dafs sämtliche Versuche ohne jede Gefahr sind, wenn die Flasche einigermafsen dickwandig und die Hälse nicht zu eng sind.

1. Das Verhalten der Flamme ist sehr eigentümlich und von Heumann nicht genau angegeben. Die Flamme wird blau und kleiner, aber „sie senkt sich nicht in der Röhre herab“, sondern der innere Rand des heissen Flammenmantels sinkt erst bis an die Öffnung der Röhre und stülpt sich in die Röhre hinein, um dann mit zunehmender Geschwindigkeit hinabzusinken (Fig. 2). Während dieser Zeit bleibt aber der obere Teil der Flamme über der Röhre deutlich sichtbar, was besonders gut im etwas verdunkelten Zimmer zu beobachten ist. Auffallend ist auch die eigentümlich grüne Farbe des heruntersinkenden Flammensaums, besonders im unteren Teil der Röhre. Sobald dieser das Innere der Flasche erreicht hat, erfolgt die Explosion ohne eigentlichen Knall; das Geräusch ist eher mit einem Klatschen zu vergleichen. Niemals wird hierbei der Kork *C* aus dem Hals geschleudert, wenn er einigermafsen festsitzt.


Fig. 2.

2. Verstärkte Explosionen. Auf mehrere Arten gelang es mir, weit stärkere Wirkungen zu erzielen. Schon wenn die Röhre *B*, anstatt oben in der Flasche zu enden, bis in die Mitte reichte oder besser erst dann so weit hinuntergeschoben wurde, als die Flamme sehr klein geworden war, entstand ein lauter Knall, der fast wie ein Schufs klang. Da das Ausströmen des Gases bei *B* dann langsamer erfolgte, so wird eine grössere Beimischung von Luft und wohl auch die centrale Zündung als die Ursache der verstärkten Wirkung anzusehen sein. Bei zahlreichen Versuchen, durch andere Röhren die Wirkung zu verstärken, erhielt ich das beste Resultat mit einer Röhre, bei der sich mitten dicht bei einander zwei Kugeln befinden (die Mafse in Fig. 3). Der äusserst heftige Knall und das Herausfliegen des Korkes *C* zeigen, dass die Explosion einen ganz andern Charakter angenommen hat. Der heruntersinkende innere Flammenrand zeigt hierbei ein merkwürdiges Verhalten. Einige cm über der oberen Kugel hält er in seiner Bewegung stille und ein deutliches Tönen wird vernehmbar. Dann erst stürzt die Flamme rasch durch beide Kugeln hindurch in die Flasche. Röhren mit nur einer, auch einer weiteren Kugel in der Mitte bringen nur ausnahmsweise die Explosion hervor, wie überhaupt hier sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen. Ich habe auch Röhren gefunden, in denen die Flamme zweimal anhält und tönt, andere, bei denen die Erscheinung sich ändert, wenn die Röhre umgekehrt aufgesetzt wird u. s. w. Wie erklärt sich nun diese Änderung im Charakter der Explosion? Es wäre hierbei an zwei Ursachen zu denken: Einmal könnte infolge einer veränderten Ausflufsgeschwindigkeit eine günstigere Mischung von Leuchtgas und Luft entstehen. Dann aber könnte in den Kugeln eine Art Vorexplosion entstehen, die den Verlauf der Explosion in der Flasche in ähnlicher Weise verändert, wie etwa ein Schlagzünder die Explosion einer Dynamitpatrone einleitet. Bekanntlich ist bei solchen Nitroverbindungen die Art der Verbrennung von der Art der Entzündung abhängig: Schiessbaumwolle, die mit einem Streichholz entzündet, ohne Knall rasch verbrennt, explodiert durch einen Zünder der genannten Art mit heftigster Detonation. Dafür, dass bei unserer Gasexplosion ähnliche Verhältnisse vorliegen, spricht folgendes. Man kann auch durch Anwendung einer der oben angeführten Kugelröhren ohne die Flasche Explosionen bewirken, wenn man sie von unten mit Gas füllt, nach dem Entzünden den Schlauch entfernt und dann erst den Gashahn schliefst. Sehr bald erfolgt dasselbe Heruntersinken des Flammensaums und in der Kugel eine Explosion, deren Stärke bei verschiedenen Röhren ganz verschieden ist. Bei der oben beschriebenen Zweikugelröhre ist sie schon von recht scharfem Knall begleitet und die

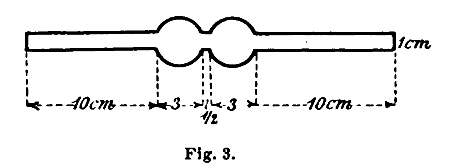


Fig. 3.

Flamme schlägt unten aus der Röhre heraus. Immer kann man mit Sicherheit aus dem Verhalten der Röhre für sich im Voraus auf die Art der Explosion schliefsen, die sie in der Flasche hervorrufen wird. Noch andere Versuche, die hier übergangen werden sollen, deuten darauf hin, dafs verschiedene Beschaffenheit des Gasgemischs bei den beschriebenen Versuchen nicht die Ursache der stärkeren Wirkung ist. So bliebe das immerhin bemerkenswerte Resultat, dafs Gemische von Luft und Leuchtgas mit sehr verschiedener Heftigkeit explodieren können, je nach der Art der Entzündung.

3. Wirkung von Drahtnetzen. In der Absicht, die Wirkung der Drahtnetze, wie sie bei der Davy'schen Sicherheitslampe zur Anwendung kommt, mit demselben Apparat zu demonstrieren, versah ich die Röhre B unten mit einer Kappe aus engmaschigem Kupferdrahtnetz (4 Maschen auf 1 qmm), wie sie sich leicht durch Einklemmen eines halbkugelig aufgebogenen Stückchen solches Netzes zwischen Kork und Flaschenhals herstellen läfst (Fig. 4). Später ersetzte ich diese Vorrichtung durch ein längeres Drahtkörbchen, das sich leicht nach Fig. 5 a, b zurechtbiegen läfst. Man rollt das Netz um einen Stab, der etwas dünner ist als die Weite des Tubulus und biegt die Ränder nach Fig. 5, a übereinander. Dann befestigt man nach Fig. 5, b einen Boden aus demselben Netz und hämmert alle über einander liegenden Teile zusammen. Befestigt wird das Körbchen ebenso wie die Kappe in Fig. 4. Benutzt man diese Vorrichtung mit der einfachen Röhre, so schlägt der Flammensaum nur bis an das Drahtnetz und erlischt dann. Bei unbewegter Zimmerluft folgt häufig noch der äufsere Flammensaum nach, so dafs ein zweites Heruntersinken beobachtet wird. Nach einigen Augenblicken läfst sich das immer noch in der Röhre aufsteigende Gemisch bei B wieder entzünden, sofort schlägt wieder eine Flamme bis an das Drahtnetz, aber selbst bei öfterem Entzünden niemals in die Flasche, obwohl sich dort noch längere Zeit ein explosives Gemisch befindet, wie sich durch Einführen eines nicht zu kurzen, brennenden Spahns in den Tubulus A zeigen läfst. Häufig entzündet sich nach mehrmaligem Anzünden das Gasgemisch im Inneren des Körbchens, was besonders an der durch Kupferverbindungen bewirkten Grünfärbung der Flamme erkennbar ist. Es zeigt sich dann, dafs dasselbe Gasgemisch, das unter verschiedenen Bedingungen mit verschiedener Heftigkeit explodieren könnte, hier ruhig brennt, wenn nicht diese scheinbar ruhige Verbrennung eigentlich aus einer raschen Aufeinanderfolge von Verpuffungen besteht. Bei Anwendung einer Zweikugelröhre schlägt die Flamme das erste Mal nicht in die Flasche, meist aber bei der zweiten oder dritten Entzündung, worauf heftige Detonation erfolgt. Es könnte sich aus diesen Versuchen eine sehr ungleiche Wirkung der Sicherheitslampe folgern lassen, je nach der Heftigkeit der Explosion, die in ihr stattfindet. Schwache Verpuffungen, wie sie ein Gasgemisch von ungünstiger Mischung gibt, könnten lange aufgehalten werden, während heftigere Explosionen von richtiger gemischten Gasen sehr bald nach aufsen fortgepflanzt würden.

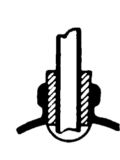


Fig. 4.

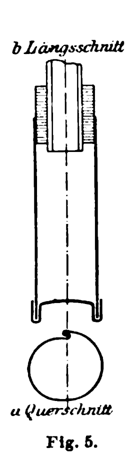


Fig. 5.

4. Versuche über den Rückstofs. Mit Benutzung einer gewöhnlichen Krämerwage, deren Balken unter den Schalen liegt, gelang es mir, den Rückstofs nicht nur nachzuweisen, sondern seine Stärke annähernd zu messen. Man bringt zunächst die Flasche nach Wegnahme des Korks und der Röhre bei A auf der Wage ins Gleichgewicht, füllt sie dann durch die wiedereingesetzte Röhre bei A mit Gas und entzündet dasselbe bei B nach Wiederentfernung der Röhre A. Im Augenblick der Explosion wird die Wagschale, welche die Flasche trägt, stark heruntergestofsen. Bei Anwendung der Zweikugelröhre konnte auf die andere Wagschale ein Übergewicht von 250 g gebracht werden, ohne den Ausschlag zu vermindern. Die Gröfse dieses Übergewichts konnte bei den verschiedenen Röhren als Mafsstab ihrer Wirksamkeit dienen. Bekanntlich erklärt sich dieser Rückstofs dadurch, dafs die obere, mit Öffnungen versehene Innenfläche der Flasche einen geringeren Druck erleidet, während auf die untere Wand der volle Druck wirkt und der Druck auf die Seiten-

wände sich aufhebt. Will man diese an sich schon plausibele Erklärung durch einen besonderen Versuch verdeutlichen, so kann man sich dazu einer Flasche bedienen, die aufser einem oberen Hals noch einen nicht zu engen seitlichen trägt (Fig. 6). Man stellt die Flasche auf zwei gleich dicke Glasstäbe, die auf einer glatten Fläche, etwa einem Stück Blech, aufliegen und zwar rechtwinklig zur Richtung der seitlichen Tubulatur. Es ist bei *A* nur eine gewöhnliche Röhre und ein gut festsitzender Kork anzuwenden, da er sonst herausgeschleudert würde. Füllt man die Flasche nun durch den Tubulus *B*, aus dem man Stopfen und Röhre nach dem Anzünden des Gases wieder entfernt, so schlägt auch hier die Flamme von oben nach unten durch die Flasche, der Rückstofs aber erfolgt nach der Seite, weil die seitliche Öffnung viel weiter ist als die obere, und die Flasche rollt auf den Glasstäben ein ziemliches Stück fort. Ein leichter Gegenstand, etwa ein Kork oder ein Wattebausch, der in der Richtung der ausströmenden Gase in einiger Entfernung auf dem Tisch liegt, wird weithin fortgeschleudert. Auch mit einer an einem Draht aufgehängten Flasche läfst sich dasselbe zeigen, jedoch mit weniger gutem Erfolg.

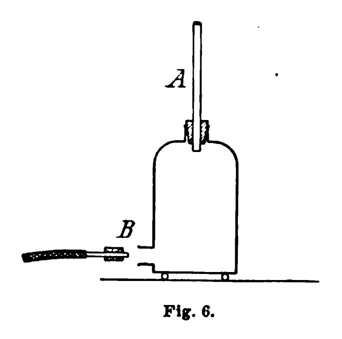


Fig. 6.

Mit Versuchen über das Tönen der heruntersinkenden Flamme und den Einflufs der Weite und Gestalt der Röhren bin ich noch beschäftigt und behalte mir deren spätere Veröffentlichung vor.

Zur Technik der Versuche mit elektrischen Wellen.

Von

W. Biegon von Czudnochowski in Berlin.

Von allen zur Untersuchung und Beobachtung elektrischer Wellen benutzten Verfahren ist unstreitig die Anwendung eines sogenannten Coherers oder Fritters das empfindlichste und zudem auch recht bequem. Es genügt ein einfaches Galvanoskop, das man durch passende Näherung eines schwachen Magneten etwas astasiert, in Verbindung mit einem Fritter und einem Trockenelement, um die Reflexion der an der Funkenstrecke einer kleinen Influenzmaschine erzeugten Wellen an der Zimmerdecke zu zeigen. Für genauere Versuche und für gröfsere Entfernungen ist jedoch die beschriebene einfache Anordnung nicht brauchbar, deshalb bringt man ein Relais zur Anwendung, welches dazu dient einen zweiten, meistens ein Läutewerk enthaltenden Stromkreis zu schliefsen.

Es ist ohne weiteres klar, dafs das Relais, als Bindeglied zwischen den beiden Stromkreisen: dem Fritterkreis und dem Glockenkreis, nächst dem Fritter der wichtigste Bestandteil der ganzen Anordnung ist. Ist das Relais mangelhaft, so nützt auch der beste Fritter nichts, wohl aber kann man bei gutem Relais noch mit minder guten Frittern zufriedenstellende Resultate erzielen. Fast alle hierzu verwendeten Relais sind nun sogenannte „polarisierte Relais", d. h. ihre Wirksamkeit beruht auf der Verwendung permanenter Stahlmagnete; sie besitzen aber zunächst den Fehler, dafs sie sehr teuer sind, aufserdem ist bei transportablen Apparaten eine constante Empfindlichkeit nicht zu erzielen. Dies hat mich bei eignen Versuchen zu einer Form geführt, die recht einfach und eigentlich keine Neuconstruktion ist, die sich aber bei nunmehr nahezu zehnmonatlichem Gebrauch in zwei Exemplaren sehr gut bewährt hat und die Vorzüge sehr grofser Empfindlichkeit, leichter und sicherer Handhabung und ziemlicher Billigkeit in sich vereinigt. Fig. 1 zeigt die Anordnung der Teile, Fig. 2 giebt eine Ansicht des fertig montierten Apparates[1]).

Auf einem Holzbrette *a* ist eine eiserne Grundplatte befestigt, welche die vertikal übereinander liegenden, wagerecht gerichteten Schenkel $s_1 s_2$ eines mit dünnem Draht in

[1]) Angefertigt von P. Gebhardt, Berlin, Neue Schönhauserstr. 6.

vielen Windungen bewickelten Elektromagneten trägt. An einem Ansatz der Grundplatte hängt vermittelst einer feinen Neusilberfeder *b* der ziemlich massige Anker *c* des Magneten dicht vor dessen Polen. Dieser Anker trägt nach unten gerichtet eine starre Zunge *d* mit einem Platinstückchen, dem eine isolierte Schraube *e* mit Platinstift gegenübersteht. Von dem Magneten abgewendet, trägt nun der Anker einen messingnen Gewindestift *f*, auf dem sich eine Messingkugel *g* mit Kordel leicht aber sicher verschieben läfst. Unterhalb dieses Gewindestiftes steht neben dem Anker noch eine Anschlagschraube *h*. Die Aufhängefeder *b* mufs so beschaffen sein, dafs sie, wenn die Kugel *g* ganz am Anker steht, das ganze Ankersystem eben noch nach rechts, also vom Magneten ab zu drücken bestrebt ist.

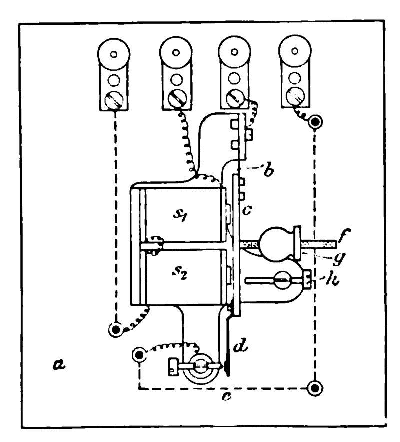


Fig. 1. (1 : 2½).

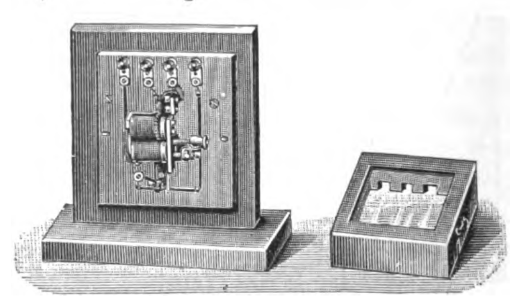


Fig. 2.

Zum Gebrauche bringt man vermittelst der Schraube *h* zunächst den Anker dem Magneten recht nahe, stellt dann die Schraube *e* so ein, dafs sie auf das Platinplättchen an der Zunge *d* auftrifft, ehe der Anker die Pole des Magneten berühren kann und verschiebt dann die Kugel *g* so lange nach rechts, also nach dem freien Ende des Stiftes *f* zu, bis die Feder *b* eben noch die Zunge *d* von dem Platinstift entfernt; es genügt dann ein ganz schwacher Strom, um den Anker kräftig nach links zu ziehen und bei *e* Contakt herzustellen. Die Empfindlichkeit des Apparates in diesem Falle ist ganz aufserordentlich. Es ist mir gelungen mit zwei kleinen Spiegeln (von Keiser und Schmidt in Berlin) und einem Erreger Hertzscher Form[2]) von nur 10 cm Gesamtlänge die Hertzschen Versuche bis auf 34 m Entfernung anzustellen, sowie ferner in senkrechter Richtung durch drei in Stein und Eisen ausgeführte Massivdecken hindurch noch vollkommen sichere Wirkungen zu erzielen. Die Einstellung ist so einfach, dafs jeder etwas geschickte Schüler den Apparat handhaben kann, nur ist beim Gebrauche darauf zu achten, dafs das Relais bezw. sein Träger nicht erschüttert werden, weil das ein Hin- und Herpendeln des Ankersystems und dementsprechendes Läuten zur Folge hat.

Der Apparat arbeitet aufserordentlich präcis; bei Anwendung einer Influenzmaschine statt eines Induktoriums unter Einschaltung von zwei gleichgrofsen Speisefunkenstrecken in die Zuleitungen genügt ein Funke am Erreger, um das Relais sicher zu bethätigen. Auch ohne Spiegel am Erreger erhielt ich bei Verwendung eines solchen Hertzscher Form von 14 cm Gesamtlänge durch zwei Massivdecken hindurch noch deutliche Wirkungen.

Nur eines macht sich oft recht unangenehm bemerkbar. Bei der hohen Empfindlichkeit des Apparates bewirkt auch jede Reflexion an den Zimmerwänden oder irgend welchen Gegenständen, sowie das Auftreten anderer als der zu den Versuchen benutzten Wellen sofortiges Ansprechen. Deswegen thut man gut, besonders bei den Versuchen über Brechung, einerseits Induktor samt Batterie, Unterbrecher und Verbindungsleitungen, andrerseits Klingel, Relais, Elemente und Verbindungsleitungen mit Ausnahme des Fritters mit je einem mit Stanniol beklebten Pappkasten zu überdecken. Doch ist diese Vorsicht keineswegs bei allen Versuchen nötig.

[2]) Hertz, Unters. üb. d. Ausbreitung d. elektr. Kraft. Leipzig, J. A. Barth, 1892, S. 185.

Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben über den Arbeitsbegriff.

Von **Paul Gerber** in Stargard i. P.

1. Ist es wahr, dafs eine Person, die mit dem Arm ein Gewicht schwebend hält, keine Arbeit leistet? (Rausenberger, Analytische Mechanik.)

Der senkrecht nach oben oder wagerecht gehaltene und das Gewicht tragende Arm macht beständig, wie man leicht wahrnehmen kann, auf und nieder gehende Bewegungen. Die damit verbundenen Hebungen des Gewichtes erfordern eine Arbeitsleistung, die also um so gröfser ist, je länger das Gewicht in der Schwebe gehalten wird. Übrigens wird jede Teilarbeit durch die der Hebung folgende Senkung wieder rückgängig gemacht, und die durch Gegenzug vernichtete lebendige Kraft des fallenden Gewichtes wird zu Wärme in den Muskeln. Für diese selbst ist daher das Gesamtergebnis an äufserer Arbeit gleich Null; sie haben nur einen Teil ihrer Arbeitsfähigkeit verloren und dafür Wärme gewonnen[1]).

2. Wird Arbeit geleistet, wenn eine Person an ruhig herabhängendem Arme ein Gewicht hält, das schwer genug ist, um die Muskeln zu verhindern, sich zusammenzuziehen?

Hier tritt eine auf und nieder gehende Bewegung des Gewichtes nicht ein; wenigstens ist nichts davon wahrzunehmen, wenn man unter der Achsel eine passende Stütze anbringt. Die Muskeln des Armes haben trotzdem nach einiger Zeit nicht mehr in gleichem Mafse wie vorher die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Da inzwischen in ihnen chemische Veränderungen geschehen, auf denen die Verminderung ihrer Arbeitsfähigkeit beruht, mufs eine Umsetzung ihrer Energie erfolgen, wobei der Teil, der die Arbeitsfähigkeit ausmacht, zu Gunsten eines anderen Teiles, der Wärme, abnimmt. Der Vorgang stimmt im Endresultat mit dem vorigen überein, nur dafs die dort stattfindende Unterbrechung und Vermittelung der Energieumsetzung der Muskeln durch die äufseren Arbeiten der Muskeln am Gewicht und des Gewichtes an den Muskeln fehlt.

3. Wenn man ein an einem Gummifaden hängendes Gefäfs langsam mit Wasser füllt und dadurch den Faden dehnt, dann sogleich wieder durch eine bis dahin geschlossene Öffnung das Gefäfs allmählich entleert, so verkürzt sich der Faden bis zu seiner ursprünglichen Länge. Wenn man darauf das Gefäfs zum zweitenmal füllt, unter dem vollen Gefäfse eine es gerade berührende feste Stütze anbringt und alles einen oder mehrere Tage unverändert läfst, so verkürzt sich der Faden bei abermaliger Entleerung des Gefäfses nicht bis zur früheren Länge. Die Arbeitsfähigkeit des gedehnten Fadens ist also kleiner geworden, während das gefüllte Gefäfs eine Zeit hindurch auf die untergesetzte Stütze drückte, indem der Faden sich durch Nachwirkung noch weiter zu verlängern strebte. Macht sich daher nicht der jene Zeit lang wirksame ruhende Gegendruck der Stütze wie eine Arbeitsleistung geltend?

Da der Faden sich noch über seine zunächst erreichte Verlängerung hinaus zu dehnen versucht, sieht man, dafs seine während der Verlängerung stattfindenden inneren Verschiebungen fortdauern, auch nachdem das Gefäfs zur Ruhe gebracht ist. Die so sich fortsetzenden Verschiebungen erfolgen auf Kosten der Arbeitsfähigkeit des gedehnten Fadens. Der Fall ist vergleichbar dem der frei herabhängenden, ein grofses Gewicht tragenden Armmuskeln. Die Arbeitsgleichwertigkeit des eine Zeit hindurch währenden Gegendruckes der festen Stütze ist blofs Schein, wie auch das ruhige Hängen und Ziehen eines hinreichend schweren Gewichtes am Arme keine Arbeit hervorbringt. Die eingeleitete und dann gehemmte Dehnung ist der Anlafs zu einem hier im Faden wie dort in den Muskeln sich abspielenden Energieumsatze.

---

[1]) Anm. der Redaktion. Wir können zu der Frage, worauf die Arbeitsleistung und die entsprechende Ermüdung des Armes zurückzuführen ist, weitere Aufklärungen in Aussicht stellen, die um so mehr Interesse erregen werden, als darüber bisher noch keine entscheidenden Experimente vorliegen.

4. Eine constante Kraft erzeugt in zwei auf einander folgenden Zeitteilen wegen der Verschiedenheit der entsprechenden Wege verschiedene Beträge an Arbeit. Wie ist der Widerspruch zu erklären? (Rausenberger.)

Der unter dem Einflusse der constanten Kraft stehende Körper hat in zwei verschiedenen Punkten seiner Bahn verschiedene Geschwindigkeiten, befindet sich also in verschiedenen Zuständen. Von gleichen Kräften in gleichen Zeitteilen sind daher nicht ohne weiteres gleiche Ergebnisse, unter anderen gleiche Werte der Arbeit zu erwarten. Dies würde ja heifsen, gleiche Folgen aus verschiedenen Bedingungen fordern. Auch ist schon in der Definition der Arbeit als einer Leistung der Kraft auf einem gewissen Wege es ausgedrückt, dafs nicht blofs die Kraft und wie sie wirkt, sondern auch der Weg, den der Körper zurücklegt, daher die Geschwindigkeit, die er besitzt, mit mafsgebend für die Gröfse der Arbeit sei. Nur Werte, die nicht abhängen von der Verschiedenheit der Geschwindigkeiten des Körpers an verschiedenen Stellen seiner Bahn, können unter sonst gleichen Umständen gleich ausfallen. So bleibt, da die in gleichen Zeitteilen stattfindenden Zunahmen der Geschwindigkeiten dieselben sind, alles, was hierdurch allein bestimmt wird, von jener Verschiedenheit unabhängig. Deshalb ist der Zuwachs an Arbeit vom einen zum anderen Zeitteil immer derselbe. Hier ergeben sich gleiche Folgen aus gleichen Bedingungen. Wenn die Verschiedenheit der fraglichen Arbeiten als ein Widerspruch erscheint, ist es mithin der Fall, nur sofern man nicht die Ungleichheit der einzelnen Zustände des Körpers, die Ungleichheit seiner Geschwindigkeiten beachtet.

5. Eine Lokomotive erhalte einen Eisenbahnzug, der sonst einen Abhang hinabgleiten würde, im Stehen. Inwiefern leistet die Lokomotive Arbeit? (Vgl. Auerbach, in Winkelmanns Handbuch der Physik.)

Damit der Eisenbahnzug sich nicht bewege, müssen die Schwungräder der Lokomotive sich drehen, ohne sich von ihrer Stelle zu entfernen. Dies findet statt, wenn die gleitende Reibung der Schwungräder durch den entgegengesetzt wirkenden Widerstand des Zuges aufgehoben wird. Da dann immer neue Teile der Radumfänge mit den Schienen in Berührung kommen, ist eine Arbeit zu leisten gleich dem Produkt aus jener Reibung, den Umfängen der Schwungräder und der Anzahl ihrer Umdrehungen. Aber obwohl diese Arbeit aufgewandt werden mufs, damit der Eisenbahnzug im Gleichgewicht sei, wird doch kein Teil von ihr für die Erhaltung des Gleichgewichtes verbraucht, sondern sie geht ganz in Reibungswärme über. Die Heizung und die Bewegung der Maschine, besonders die Drehung der Schwungräder, die Reibung und deren Verwandlung in Wärme, also die Erzeugung und der Umsatz von Arbeit und Energie hat nur die Bedeutung einer mechanischen Ordnung, die nötig ist, um den mit ihr zu einem System verbundenen Eisenbahnzug in Ruhe zu erhalten. Der unverändert bleibende und einem Gewichte gleichwertige Einflufs jener mechanischen Ordnung auf den Eisenbahnzug, d. h. die durch die Gröfse der gleitenden Reibung bemessene Kraft, nicht der Arbeitsaufwand als solcher ist es, wodurch der Zug verhindert wird, den Abhang hinabzurollen.

6. Wie ist es zu verstehen, dafs man die gegen ein festes Centrum gerichtete Anziehung eines Körpers durch einen ihm beigebrachten seitlichen Stofs und darum durch Arbeitsleistung aufheben kann, wenn man den Stofs so wählt, dafs der Körper sich um das Centrum im Kreise bewegt?

Dies bekannte und wohl nicht misszuverstehende Schema kann dazu dienen, die vorige Frage näher zu erläutern. Die Unveränderlichkeit der Umschwungsgeschwindigkeit, also auch der lebendigen Kraft des Körpers zeigt deutlich, dafs kein Teil von ihr zur Erhaltung des Gleichgewichtes verbraucht wird. Während der durch den Umschwung entstehende Gegenzug das Gleichgewicht bedingt, ist die vorgängige Arbeitsleistung nur nötig, um die mechanische Anordnung, ohne die das Gleichgewicht nicht bestehen kann, zu erzeugen, — genau wie im Falle der vorigen Frage die Erzeugung und der Umsatz von Arbeit und Energie zwar zur Herstellung und zum Bestande des mechanischen Systems gehört, aber nicht die nächste und eigentliche Bedingung der Ruhe des Eisenbahnzuges vorstellt.



7. Giebt es eine Trägheitskraft, vis inertiae?

Sie soll darin bestehen, dafs eine Masse der Annahme einer Geschwindigkeit einen besonderen Widerstand entgegensetzt, der erst überwunden sein müsse, damit die Masse im stande sei, sich zu bewegen (vergl. Dressel, Lehrbuch der Physik). Dieser Widerstand könnte offenbar nicht verschwinden, sobald die Bewegung begonnen hat, da ja die Masse nicht verschwindet. Mithin müfste, auch wenn sich der Bewegung weiter kein Hindernis entgegenstellte, bei constanter Geschwindigkeit doch, je länger der Weg würde, desto mehr Arbeit zu leisten sein. Die Voraussetzung einer Trägheitskraft führt also zu einem Widerspruch mit dem Prinzip der lebendigen Kraft. Wenn die in der Natur vorkommenden Körper auch beim Fehlen jedes äufseren Hindernisses in der That nicht schon durch den kleinsten Antrieb bewegt werden können, ist daran nur die gegenseitige Verschiebbarkeit ihrer Teile schuld. (Übrigens wird als Trägheitskraft manchmal auch die zur Wirkung zwischen zwei gekoppelten Systemen gehörige Gegenwirkung angesehen, die aber aus der Koppelung, nicht aus der Masse an sich folgt.)

8. Kann eine Person an einem Seil, das über eine feste Rolle geführt ist, ein Gewicht heben, das gröfser als ihr eigenes Gewicht ist?

Sie kann es, falls ihre Arbeitskraft ausreicht, nachdem sie sich vorher hat am Fussboden festmachen lassen. Ist dies nicht geschehen, so zieht das zu hebende Gewicht seinerseits die Person empor und läfst ihre ob auch im übrigen vielleicht ausreichende Arbeitsfähigkeit nicht zur Geltung kommen.

---

9. Dem Herausgeber ist folgende Aufgabe eingesandt worden:

„Welches spezifische Gewicht hat eine Sodalösung, bei der $^1/_2$ kg Soda in 1 l Wasser gelöst ist (spezifisches Gewicht der Soda 2,5)? Auflösung: $2^1/_2$ kg Soda nehmen 1 cdm ein, also hat $^1/_2$ kg Soda das Volumen $^1/_5$ cdm. Demnach ist das Gesamtvolumen der Lösung $1^1/_5$ cdm, ihr Gewicht $1^1/_2$ kg, folglich ihr spezifisches Gewicht $1^1/_2 : 1^1/_5 = 1{,}25$."

Nach den Tabellen von Landolt und Börnstein, 2. Aufl. S. 220 hat nun eine 33,6 %ige Sodalösung (die also nahezu die gleiche Conzentration besitzt wie die in der Aufgabe vorausgesetzte) bei 15% C. das spezifische Gewicht 1,134. Welche unzulässige Annahme ist in der vorstehenden Auflösung gemacht worden? Welche Annahme ist ferner ungenau, wenn die Temperatur der Lösung = 15° gesetzt wird? Und welcher Zweifel war in Bezug auf die Löslichkeit der Soda berechtigt, wenn man die Temperatur 4° voraussetzte? (Bei 0° lösen 100 Gewichtst. Wasser nur 21,33 Gewichtst. Soda, bei 10° 40,94 Gewichtst.) *P.*

Kleine Mitteilungen.

Zwei einfache Apparate für die Lehre von der Mechanik.

Von Prof. **Friedrich Brandstätter** in Pilsen.

1. Ein Bewegungsparallelogramm.

Mit diesem Apparat läfst sich die Zusammensetzung zweier gleichartiger Bewegungen, deren Richtung einen Winkel einschliefst, in einfacher Weise vorführen. Ein quadratischer (eventuell rhombischer), in seiner Ebene vertikal stehender Holzrahmen von etwa 6—8 dm Seitenlänge ist, wie Fig. 1 veranschaulicht, so eingerichtet, dafs der stielrunde Stab ab in horizontaler Lage auf- und abwärts zwischen den Doppelleisten der beiden vertikalen Rahmenseiten zu verschieben ist. An den beiden, über die seitlichen Rahmenleisten herausragenden Enden ist der Stab mit zwei kurzen Holzcylindern a und b als Handhaben versehen, von denen der eine fix, der andere nach Art einer Schraubenmutter angebracht ist und durch einfaches Drehen (Anziehen) die Fixierung des Stabes in beliebiger Höhe, ebenso wie durch Zurückdrehen (Nachlassen) seine Lockerung für das Auf- und Abwärtsgleiten gestattet. Am Stabe ist eine Kugel c in horizontaler Richtung verschiebbar angebracht und durch zwei gleichlange Schnüre derart mit den beiden Enden d und e der vertikalen

Rahmenspalten verbunden, dafs beim Abwärtsgleiten des Stabes die Schnur dc die Kugel vom linken zum rechten Stabende, beim Aufwärtsgleiten dagegen die Schnur ec die Kugel vom rechten zum linken Stabende herüberzieht. Zu diesem Behufe gehen die Schnüre von der Kugel längs des Stabes — rechts oberhalb, links unterhalb — durch eine bei f und g (Fig. 2), also innerhalb der Spalten angebrachte Öse, dann im rechten Winkel längs der vertikalen Rahmenleisten auf- bezw. abwärts zu den Endpunkten d und e. In Fig. 2 erscheinen die vorderen Teile der vertikalen Rahmenleisten beseitigt, um die Anordnung der

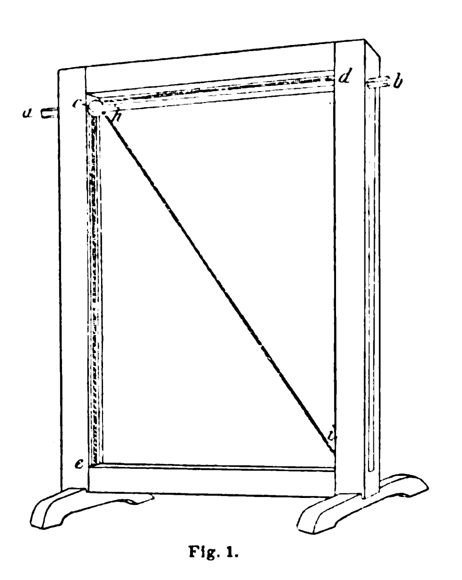


Fig. 1.

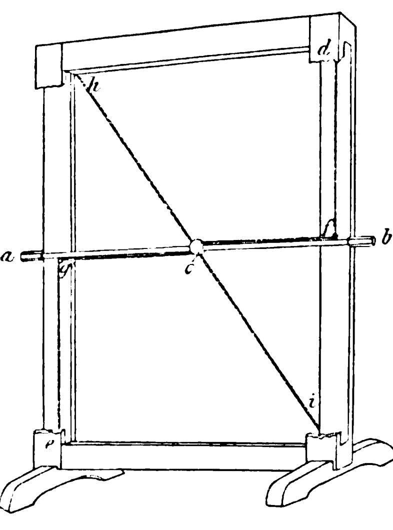


Fig. 2.

Schnüre und ihre Leistung besser zu versinnlichen. Es empfiehlt sich, behufs gleichmäfsiger Spannung beider Schnüre sowohl beim Abwärts- als auch beim Aufwärtsgleiten des Stabes auf die Handhabe b einen leichten Druck nach unten, auf jene bei a einen solchen nach oben auszuüben. Die Kugel vollführt also gleichzeitig zwei gleichartige Bewegungen in verschiedenen, hier unter einem rechten Winkel sich schneidenden Richtungen. Sie bewegt sich mit dem Stabe in der Richtung von oben nach unten, längs des Stabes aber in der Richtung vom linken zum rechten Ende. Dafs die resultierende Richtung genau der Diagonale des Parallelogrammes entspricht, wird durch eine an der hinteren Seite des Rahmens in diagonaler Richtung hi aufgespannte Schnur bestätigt.

2. Ein verschiebbares Parallelepiped mit Schwerpunkt und Schwerlinie.

Der Apparat veranschaulicht dem Schüler die Thatsache, dafs ein Körper so lange im stabilen Gleichgewichte ruht, als seine Schwerlinie die Unterstützungsfläche trifft, und ist ein aus 14 flachen Holzstäben mittels 12 Schrauben nach Fig. 3 zusammengefügtes Parallelepiped. Die 8 horizontalen Stäbe sind um die Hälfte kürzer als die 6 vertikal gestellten, von denen die zwei mittleren ab und cd in halber Höhe durch den runden Querstab ef verbunden sind, der wieder im Halbierungspunkt g — den Schwerpunkt des Körpers markierend — das Lot h trägt. Durch leichten Druck auf die Kante mn kann nun das Parallelepiped mehr oder minder so verschoben werden, wie es Fig. 4 andeutet. Selbstverständlich kann die Verschiebung auch nach der entgegengesetzten Seite hin stattfinden. Während bei der Stellung in Fig. 3 — dem geraden quadratischen Prisma entsprechend — die durch die Schnur gh des Lotes angedeutete Schwerlinie die Basis in ihrem Mittelpunkte trifft, nähert sie sich nun bei Stellung in Fig. 4 — dem schiefen Prisma entsprechend — der unteren Basiskante ps, und das Parallelepiped bleibt so lange auch in jeder dieser schiefen Lagen im stabilen Gleichgewichte, als die Schwerlinie die Kante ps nicht überschreitet und ausserhalb der Unterstützungsfläche den Boden schneidet. Ist dies letztere der Fall, so stürzt das Parallelepiped nach dieser Seite hin. Bei genauer Ausführung des Apparates läfst sich zeigen,



dafs im Falle die Schwerlinie die Kante ps schneidet, das Gleichgewicht labil wird und der geringste Stofs bezw. eine leichte Erschütterung zum Umwerfen des Apparates hinreicht.

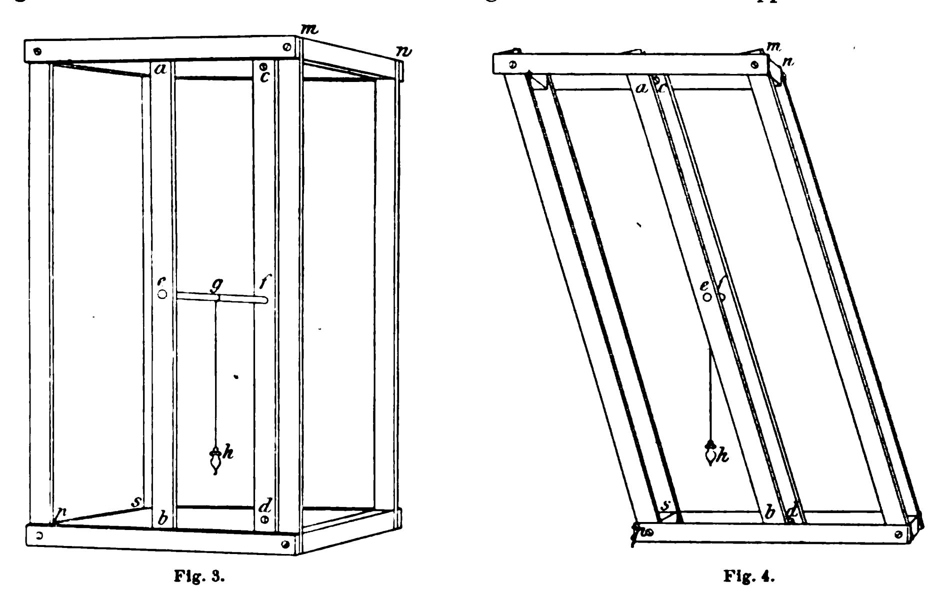


Fig. 3. Fig. 4.

Es ist selbstverständlich, dafs beide beschriebenen Apparate in beliebiger Dimension von jedem halbwegs geschickten Tischler nach diesen Angaben verfertigt werden können. Zweckmässig könnte das Parallelepiped auch aus dünnen Metallstäben hergestellt werden.

Neue Klangfiguren.

Von Dr. **Richard Schulze** in Leipzig.

Um Chladnische Klangfiguren zu erhalten, kann man, wie bekannt (Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Teil I.), Platten auch durch Longitudinalschwingungen eines Stahlstabes in Transversalschwingungen versetzen. Es sind aber bisher nur Versuche mit kreisförmigen Stahlplatten angestellt worden, und hat man auf diese Weise konzentrische Kreise erhalten. Deshalb habe ich diese Methode auf Platten von verschiedenem Material und verschiedener Form ausgedehnt und eine solche Mannigfaltigkeit der Figuren gefunden, dafs ich meine Resultate den Herren Kollegen nicht vorenthalten möchte. Denn wenn auch die Klangfiguren bis jetzt noch keine praktische Verwendung gefunden haben, so wird ihre Vorführung beim Unterricht doch stets ein interessantes Experiment bleiben. Während Chladni in seiner „Akustik“ 243 Figuren verzeichnet hat, besitze ich jetzt bereits über 500, und die Zahl der zu erhaltenden dürfte überhaupt unbegrenzt sein, wie bald ersichtlich sein wird. Erweist sich somit diese Methode als eine lohnendere als die ursprüngliche Streichmethode, wie ich sie nennen möchte, so verdient sie auch noch aus dem Grunde den Vorzug, als sie die Klagen über das Mifslingen vieler Figuren vollständig beseitigt, denn man erhält nach ihr in kürzester Zeit und ohne jegliche nennenswerte Übung die kompliziertesten Figuren in tadelloser Schärfe. Dafs ich nicht sämtliche meiner Figuren hier veröffentlichen kann, ist klar, aber wenige dürften genügen, zur Wiederholung meiner Versuche anzuregen. Da ich dieselben noch nicht für abgeschlossen betrachte, sehe ich diese Mitteilung nur als eine vorläufige an, und ich will deshalb auch nur auf einige Punkte aufmerksam machen.

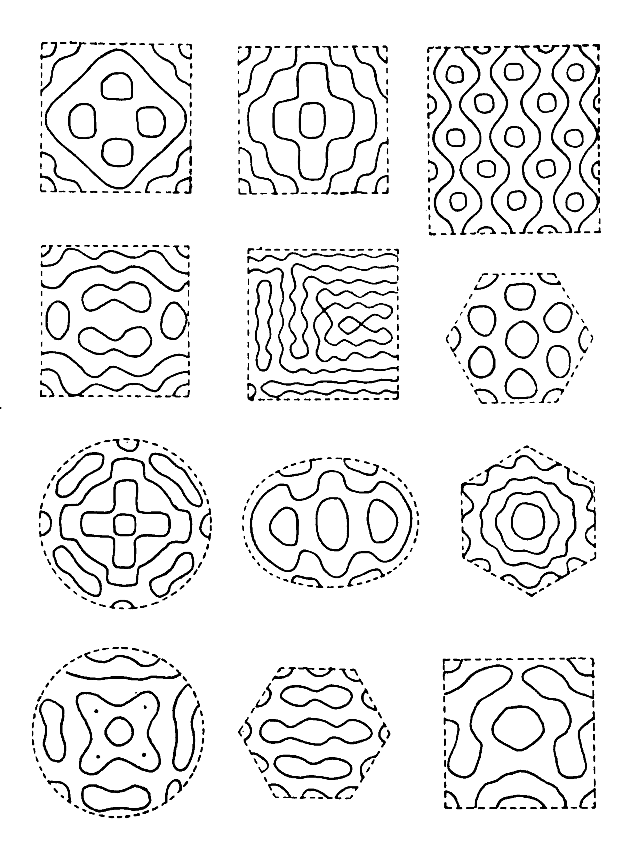
1. Mit Stäben von verschiedener Länge erhält man verschiedene Figuren, deren Form aufserdem noch von der Form, dem Material und den Dimensionen der Platte abhängig ist.

2. Platten von ca. 1 mm Dicke und 20 cm Durchmesser verändern in der Regel den Ton des Stabes nicht, sondern verstärken ihn nur, doch kommt es zuweilen vor, dafs der Ton eine Sekunde, Terz oder wohl auch eine Oktave herunterspringt, was stets die Entstehung einer einfacheren Figur zur Folge hat.



3. Erreicht die Platte eine Dicke von 2 mm, so erhält man stets einen tieferen Ton als den Grundton des Stabes, und es ist überhaupt schwer, mit verschieden langen Stäben verschiedene Töne zu erzeugen.

4. Platten unter 0,5 mm Dicke sprechen zwar sehr leicht an, schwingen aber sehr stark, so dafs man den Stab sehr zart anstreichen mufs, um deutlich ausgeprägte Figuren zu erhalten.



5. Quadratische Stahlplatten von 35 cm Seitenlänge setzen den Ton des Stabes stets herab, geben aber wunderschöne Figuren.

6. Während nach der Chladnischen Methode die Dicke der Platte nur insofern von Bedeutung ist, als dünnere Platten leichter ansprechen als dicke, ist bei der neueren Methode eine Dickendifferenz von 0,01 mm von ganz wesentlichem Einflufs. Bedenkt man hierbei noch, dafs jede exzentrische Durchbohrung der Platte eine besondere Figur bedingt, und man die Länge des Stabes innerhalb gewisser Grenzen ganz bedeutend variieren kann, so ergiebt sich ohne weiteres, dafs die Zahl der Klangfiguren, nach dieser Methode dargestellt, unbegrenzt ist.

7. Nach der Chladnischen Methode zwingt man durch Anlegen des Fingers die Platte, sich in kleinere Teile zu teilen, während sie sich nach der neueren Methode von selber teilt, und zwar je nach dem Tone, der auf sie einwirkt — ich möchte sie einen optischen Resonator nennen.

8. Meine Versuche berechtigen ganz entschieden zu der Annahme, dafs man durch die Klangfiguren einen Schluss auf die Struktur des Plattenmaterials ziehen kann, und dafs hierdurch vielleicht eine Aussicht eröffnet wird, sie praktisch zu verwerten. Freilich wird die Lösung der Aufgabe, hier vollständige Klarheit zu schaffen, keine leichte sein, da hin und wieder höchst sonderbare Erscheinungen auftreten, deren Veröffentlichung ich noch zurückhalten will.

4 Stäbe — Prime, Terz, Quinte und Oktave — und zwei Platten kosten 15 Mk., die Stäbe zu einer diatonischen Tonleiter nebst zwei Platten 22,50 Mk.

Über einen Teslatransformator ohne Ölisolation.

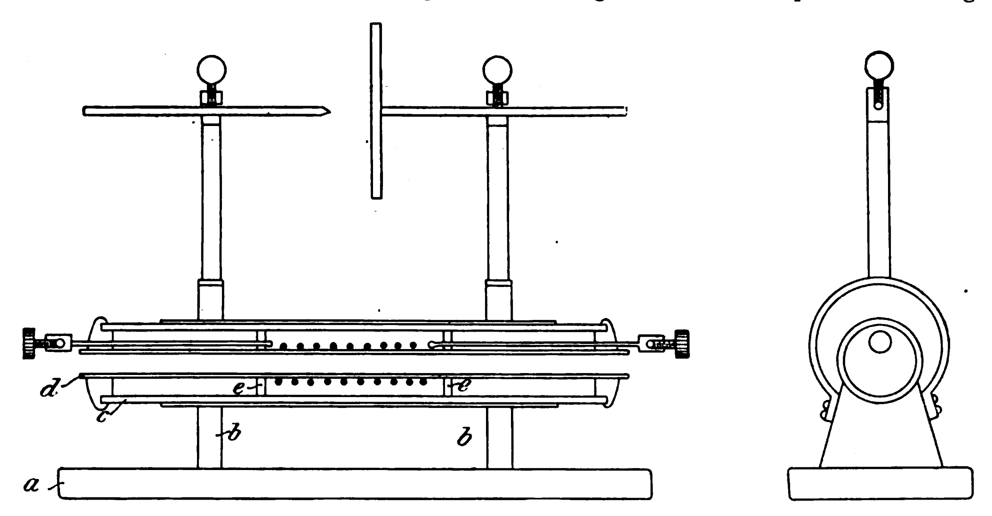
Von **A. W. Kapp** in Königsberg i. P.

Zu den interessantesten Erscheinungen auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre gehören diejenigen, die zuerst Tesla mit Strömen sehr hoher Spannung und Wechselzahl hervorgerufen hat. Es erscheint deshalb wünschenswert, einen einfachen Apparat zu besitzen, welcher es gestattet, ohne grofse Schwierigkeiten diese Erscheinungen auch im Schulunterricht vorzuführen. Die ursprünglich von Tesla benutzte Wechselstrommaschine ist natürlich für Demonstrationen in kleinerem Mafsstabe nicht geeignet. Es kommen hier nur Apparate wie der Transformator von Himstedt und der von Elster und Geitel in Frage. Der letztere besitzt den grofsen Vorzug, dafs bei ihm keine Flüssigkeit zur Isolierung verwendet worden ist, sondern Primär- und Sekundärspule nur durch eine gröfsere Luftschicht von



einander getrennt sind. Jedoch zeigt sich bei stärkerer Inanspruchnahme dieses Apparates, dafs die Luftschicht zwischen beiden Spulen leicht durchschlagen wird, während wieder eine Vergröfserung dieses Luftraumes den Wirkungsgrad beeinträchtigen würde. Ich habe mich nun bemüht, einen Transformator zu construieren, der nicht in Öl eingebettet ist, wie der von Himstedt und doch dem Öltransformator an Wirkungsgrad und Isolationssicherheit gleichkommt. Da dieser Apparat bereits bei vielen Versuchen eine sichere Isolation gezeigt hat und auch schon von anderer Seite im Schulunterricht praktisch erprobt worden ist, so sehe ich mich zu einer kurzen Beschreibung desselben veranlafst.

Auf einer Marmorplatte *a* erheben sich zwei Lagerböcke *b*, auf deren kreisförmigen Ausschnitten eine Hartgummiröhre *c* von 50 cm Länge und 7 cm Durchmesser ohne weitere Befestigung ruht. Im Innern des Rohres ist die aus 10 Windungen eines 4 mm starken Kupferdrahtes bestehende Primärspule so angeordnet, dafs sie etwa $^1/_3$ des ganzen Rohres einnimmt. Zur genauen Centrierung sind diese 10 Kupferdrahtwindungen auf eine Glasröhre *d* geschoben, welche durch zwei die Hartgummiröhre begrenzende Holzkapseln hindurchgeht.



Gleichzeitig gestattet die Glasröhre auch, einen Eisenkern in das Innere der Primärspule zu bringen und zu zeigen, dafs derselbe bei der hohen Wechselzahl die Wirkung nicht mehr zu verbessern vermag. Der mittlere Teil des Hartgummirohres, welcher von der Primärspule eingenommen wird, ist durch zwei Korkscheiben *e* abgegrenzt und mit der aus einer Mischung von Paraffin und weichem Wachs bestehenden Isoliermasse ausgefüllt. Die von den Korkscheiben aus gerade geführten Zuleitungen sind noch in besondere mit derselben Isoliermasse gefüllte Glasröhrchen eingeschlossen. Die Sekundärspule besteht aus 200 Windungen eines 0,8 mm starken besponnenen Kupferdrahtes, welcher in einer in das Hartgummirohr eingedrehten Nut läuft und nach dem Aufwickeln ebenso wie das ganze Rohr mit einem Schellacküberzug versehen wurde. Von den zu kleinen Ösen gebogenen Enden der Sekundärspule führen Spiralen von dünnem Kupferdraht zu den auf Hartgummisäulen ruhenden Polklemmen. Um jedes besondere Stativ entbehren und alle Hülfsapparate am Transformator selbst befestigen zu können, sind diese Hartgummisäulen auf starke Messingbügel gesetzt, die an den Lagerböcken befestigt sind und einen solchen Abstand von dem Rohr einhalten, dafs dasselbe noch bequem von seinem Lager genommen werden kann.

Bei den Versuchen wurden verschiedene Funkeninduktoren bis zu 30 cm Funkenlänge benutzt. Meistens diente als Unterbrecher der elektrolytische, mit dem man bekanntlich viel gröfsere Energiemengen umsetzen kann als mit anderen. Es gelang, eine Batterie von Leydener Flaschen in beiden Schaltungen zu verwenden. Die bei Verwendung des Wehnelt-Unterbrechers ganz ruhigen Leuchterscheinungen am Hochspannungstransformator waren am glänzendsten, wenn nur 2 grofse Leydener Flaschen benutzt wurden. Der Transformator hat bis jetzt die maximale Leistung des grofsen 30 cm Funkeninduktors ausgehalten

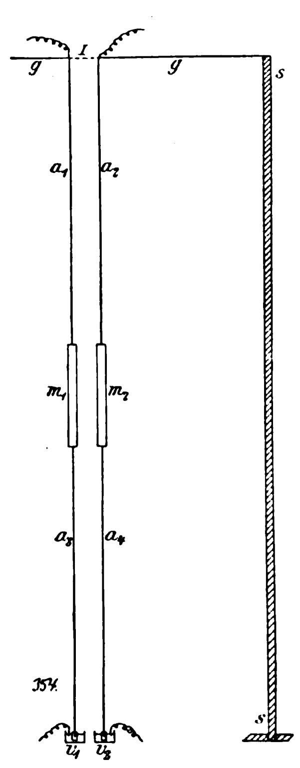


ohne durchschlagen zu werden. Sollte dies doch einmal vorkommen, so wäre dadurch der Apparat nicht gänzlich unbrauchbar gemacht. Vielmehr wäre nur nötig, einen Dampfstrahl durch das Glasrohr *d* zu schicken und dadurch die Isoliermasse zum Erweichen und zum erneuten Verschmelzen zu bringen.

Ein billiges Ampèresches Gestell.

Von Prof. **Adami** in Hof (Bayern).

Der Nachweis, dafs sich parallele und gleichgerichtete Ströme anziehen, parallele und entgegengesetzt gerichtete Ströme dagegen abstofsen, läfst sich beim physikalischen Unterricht nicht wohl umgehen. Zur Anstellung dieses Nachweises ist das sogenannte Ampèresche Gestell construiert worden, über dessen mangelhaftes Funktionieren wohl schon jedem Fachmann Klagen zu Ohren gekommen sind.



Es soll nun gezeigt werden, wie man sich für 10—20 Pfg. ein Ampèresches Gestell leicht selbst konstruieren kann, das den unbedingten Vorzug hat, jederzeit die Anziehung beziehungsweise Abstofsung von parallelen Leitern, die von elektrischen Strömen durchflossen werden, mit Sicherheit zu zeigen.

Man schneide sich vier je 65 cm lange Streifen Lametta, wie dasselbe zum Schmucke der Weihnachtsbäume verwendet wird, und aufserdem zwei je 0,5 mm dicke, 4 mm breite und 20 cm lange Magnaliumstreifen. In die vollkommen gerade gerichteten Magnaliumstreifen bohrt man mit einem Drillbohrer oben und unten ein Loch und knüpft die Lamettastreifen daran fest.

Die Lamettastreifen (a_1, a_2), die in dem oberen Loche der Magnaliumstreifen (m_1, m_2) angeknüpft sind, wickelt man etwas um einen Glasstab oder einen Bleistift *g*, der an einem Ständer *s* von mindestens 150 cm Länge oben befestigt ist. Hat man über dem Experimentiertisch in einer Höhe von 150 cm eine Holzstange oder zwei ganz nahe bei einander befindliche Haken, so kann man die Lamettaenden auch hier befestigen. Als Ständer lässt sich eine gewöhnliche Holzlatte (Dachsparren) verwenden. In die unteren Löcher der Magnaliumstreifen sind die anderen beiden Lamettastreifen (a_3, a_4) eingeknüpft und diese an den unteren Enden mit Klemmschrauben versehen, deren jede man in ein Vogelfutternäpfchen (v_1, v_2) legt, in welches man etwas Quecksilber geschüttet hat. Die beiden Magnaliumstreifen dürfen nicht weiter als 2 cm von einander entfernt sein, wenn die ganze Einrichtung justiert ist und müssen sich in genau gleicher Höhe befinden. Auch ist darauf zu sehen, dass die unteren Lamettastreifen nicht straff gespannt sind, sondern etwas schlingern können.

Den einen Pol von zwei hintereinander geschalteten Elementen (Trockenelemente sind sehr gut brauchbar) verbindet man nun mit dem oberen Ende des einen Lamettastreifens durch einen Kupferdraht und taucht einen mit dem anderen Pol verbundenen Kupferdraht in das Quecksilbernäpfchen, in welchem die mit diesem Lamettastreifen verbundene Klemmschraube liegt. Ebenso macht man es mit dem zweiten Teile der Vorrichtung. Im Moment des Eintauchens des Kupferdrahtes in das zweite Quecksilbergefäfs sieht man sofort die Anziehung oder Abstofsung der Magnaliumstreifen je nach der Richtung des Stromes.

Die Wirkung kann durch taktmäfsiges Ausziehen und Wiedereinstecken des zweiten Drahtes in das Quecksilbergefäfs bedeutend verstärkt werden. Selbstverständlich läfst sich diese taktmäfsige Verstärkung auch durch einen dazwischen geschalteten Morsetaster hervorbringen[1].

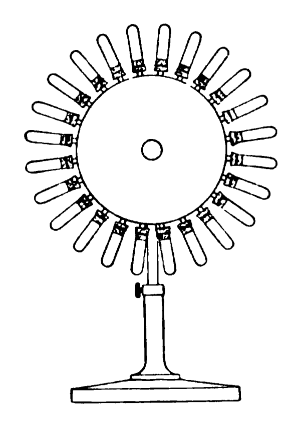
[1]) *Anm. d. Redaktion.* Einen ähnlichen Apparat hat Herr C. Mühlenbein im I. Jahrgang der Zeitschr. S. 202 beschrieben.



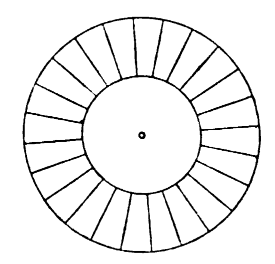
Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Einen Apparat zur Demonstration der Absorptionsspektra beschreibt E. J. Formanek in der *Deutschen Mech.-Ztg. 1900, S. 41.* An einem standfesten, mit verschiebbarer Stange versehenen Stative ist eine wagerechte Achse (Fig. 1) angebracht, um die eine Messingscheibe von 14 cm Durchmesser drehbar ist. An dieser Scheibe sind radial 24 kurze Stifte befestigt, die mit Korkstöpseln verschlossene Reagensgläser von 5 bis 7 cm Länge und 10 mm Durchmesser tragen. Die Stifte durchdringen die Korkstopfen nicht ganz. Die Reagensgläser sind mit folgenden Farbstofflösungen gefüllt, die so verdünnt sind, dafs die einzelnen Absorptionsstreifen zwar möglichst eng stehen, aber doch deutlich sichtbar sind: Methylenblau in Wasser, Patentblau (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Säuregrün *BB* extra (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser oder Walkgrün (Dahl & Co., Barmen) in Wasser, Brillantgrün in Wasser, Malachitgrün in Wasser, Anilinblau *2 B* (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Amylalkohol, Methylviolett *6 B* in Amylalkohol, Methylviolett *1 B* in Amylalkohol, Neublau *R* kryst. (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser, Rose Magdala (Durand, Huguenin & Co., Basel) in Äthylalkohol, Neufuchsin *O* (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Amylalkohol, Rhodamin extra (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Anthracenblau *WR* Teig (Badische Anilin- und Sodafabrik) in Äthylalkohol, Methyleosin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Amylalkohol, Erythrosin *B* (Farbwerk Mühlheim) in Amylalkohol, Phloxin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Äthylalkohol, Eosin extra (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Äthylalkohol, Violamin *G* (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Bordeaux *R* (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Wasser, Azoeosin (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser oder Äthylalkohol, Xylidinorange (Weiler-ter-Meer, Uerdingen) in Amylalkohol, Uranin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Wasser, Benzoflavin (Anilinfabrik Oehler, Offenbach) in Äthylalkohol und alkoholischer Saffranauszug. Der so beschickte Apparat wird vor den Spalt des beleuchteten Spektralapparates gestellt und die Stange des Stativs so verschoben, dafs bei der Drehung der Scheibe die Reagensgläser dicht vor dem Spalte vorbeigehen und der Beobachter in kurzen Zwischenräumen die Absorptionsstreifen der vor dem Spalte gerade befindlichen Lösung studieren kann. Die Scheibe kann auch für mechanischen Trieb so eingerichtet werden, dafs immer ein Reagensglas nach dem anderen durch einen ausgeübten Druck vor den Spalt springt. Da einige der Lösungen (Malachitgrün, Brillantgrün) sich durch die Wirkung des Tageslichts allmählich entfärben, so empfiehlt es sich, den Apparat mit den Lösungen im Dunkeln aufzubewahren.


Fig. 1.

Anstatt der Farbstofflösungen kann man sich auch einer Glasscheibe mit aufgetragenen Farbstoffen bedienen. Eine etwa 3 mm dicke Spiegelglasscheibe, die in der Mitte durchbohrt ist, damit sie auf der wagerechten Achse drehbar angebracht werden kann, wird in 20 bis 24 radiale Felder durch Einschnitte so zerlegt, wie es Fig. 2 zeigt. Die Lösung eines jeden Farbstoffes in einer kleinen Menge Äthylalkohol setzt man zu einer alkoholischen Schellaklösung und streicht die Mischung mittels eines Haarpinsels in ein Feld der Glasscheibe, die man vorher mit Äthylalkohol abgewaschen hat. Nach dem Eintrocknen der Schicht stellt man spektroskopisch fest, ob der Anstrich ein hinreichend deutliches Absorptionsspektrum zeigt, wenn nicht, wird das Anstreichen wiederholt. Um tadellose Spektra zu erzielen, mufs man die gefärbte Schellacklösung gleichmäfsig auftragen und


Fig. 2.

sorgfältig die Bildung von Luftblasen vermeiden. Diese Anstriche geben dieselben Absorptionsstreifen wie die Lösungen der Farbstoffe, obwohl sonst die festen Farbstoffe sich anders wie die Lösungen verhalten. Schon Stenger (*Wied. Ann. 33, 583; 1888*) hat darauf aufmerksam gemacht, dafs sich die Absorptionsspektren der Lösungen nicht ändern, wenn man sie mit Gelatine, Stärke, Gummi arabicum versetzt und dann erstarren läfst. Verfertigt man zwei solche Scheiben mit verschiedenen Farbstoffen, so kann man durch passende Stellung der Scheiben hintereinander verschiedene Combinationen der Farbstoffe bequem demonstrieren. Es empfiehlt sich, auch diese Scheiben im Dunkeln aufzubewahren. *H.-M.*

Objektive Darstellung der Eigenschaften des polarisierten Lichtes. Von N. UMOW (*Ann. d. Phys. 2, 72; 1900*). Taucht man in ein linear polarisiertes Bündel paralleler Lichtstrahlen einen mit mehreren reflektierenden Flächen versehenen Körper, so werden die reflektierten Strahlen eine variable Intensität haben. Das Minimum derselben wird für solche Meridionalebenen eintreten, welche die Richtung der Lichtschwingung und die Normale der reflektierenden Fläche enthalten und wird von der Gröfse des Polarisationswinkels der zwei sich berührenden Stoffe abhängen. Man kann auf diese Weise die Eigenschaften polarisierten Lichts objectiv sichtbar machen. Der Verf. beschreibt einige Versuche, die zuerst im vorigen Winter in der Sitzung der Kaiserlichen Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau demonstriert wurden.

Wird in den Weg der linear polarisierten Strahlen ein polierter Kegel aus Glas so gestellt, dafs seine Achse in der Richtung der Strahlen liegt, und blendet man das diffuse Licht durch ein Diaphragma ab, so zeigt sich auf einem hinter dem Kegel befindlichen Schirm der reflektierte breite Lichtfleck, der von zwei diametral gegenüberliegenden dunkeln Büscheln durchsetzt ist, deren mittlere Verbindungslinie die Polarisationsrichtung anzeigt. Projiziert man von der polarisierten Strahlenquelle aus auf den Kegel eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte, so reflektiert der Kegel ein glänzendes farbiges Bild; die Reihenfolge der Farben ist umgekehrt bei einer rechtsdrehenden wie bei einer linksdrehenden Quarzplatte. Ein Babinetscher Compensator an der Stelle der Quarzplatte giebt farbige Kurven, die durch die Reflexion derjenigen Strahlen gebildet sind, welche beim Austritt aus dem Compensator denselben Schwingungszustand besitzen.

Sehr eigenartige Erscheinungen zeigen trübe Medien im polarisierten Lichte. Das Strahlenbündel wurde durch einen Spiegel nach unten geworfen und passierte dann der Länge nach einen mit einer trüben Flüssigkeit gefüllten Glascylinder. Hierzu eignet sich besonders Wasser, dem eine kleine Menge einer Lösung von Kolophonium in Alkohol beigemischt ist, bis es schwach opalisierend wird. Man sieht dann im Gefäfse eine vertikale Lichtsäule, deren Mantel auf zwei gegenüberliegenden Streifen dunkel ist. Bei Vorschalten der Quarzplatte zeigen sich die Farben ebenso wie bei dem Versuche mit dem Kegel. Füllt man das Gefäfs mit einer Rohrzuckerlösung von der Dichte 1,3, der eine kleine Menge Kolophoniumlösung beigemengt ist, so erblickt man im monochromatischen Lichte auf dem Mantel des Lichtbündels zwei dunkle Spiralen, welche die Cirkularpolarisation der Zuckerlösung anzeigen. Nach dem Boden des Gefäfses zu wird die Lichtsäule wegen der Absorption dunkler. Im weifsen Licht zeigen sich auf einander folgende farbige Spiralen. Das Spiralphänomen verschwindet, wenn man in den Gang der Strahlen eine Platte von einer Viertelwellenlänge Gangunterschied einschaltet. — In einer der Arbeit beigegebenen Tafel sind die beschriebenen Erscheinungen abgebildet. *Schk.*

Ein Dreipulvergemisch zur Darstellung elektrischer Staubfiguren beschreibt R. BÜRKER in den *Ann. d. Phys. 1, 474*. Das Gemisch besteht aus Karmin, Lykopodium und Schwefel, und zwar nimmt man am besten 1 Volumteil Karmin (pulverisiert), 3 Volumteile Lykopodium, 5 Volumteile Schwefelblumen. Der Verf. empfiehlt zuerst Karmin und Schwefel gut zu zerreiben und dann Lykopodium hinzuzufügen. Dem Lykopodium fällt hierbei wohl eine die Ladung bestimmende Rolle zu. Das geht auch daraus hervor, dafs, während bei dem sonst üblichen Gemisch von Mennige und Schwefel die positiven Lichtenbergschen Figuren gelb, die negativen roth werden, sich dieses Verhältnis umkehrt, wenn man zu dem Gemisch



Lykopodium hinzufügt. Der Verf. beschreibt einige mit seinem Dreipulvergemisch hergestellte Figuren und hebt hervor, dafs es ihm mit dem Gemisch von Mennige und Schwefel nicht gelungen ist, die Figuren auch nur annähernd in dieser Schönheit sichtbar zu machen. Die Farbendifferenzen der positiven und negativen Figuren sind viel ausgeprägter und die Zeichnung tritt schärfer hervor; auch ist das Dreipulvergemisch entschieden empfindlicher als das andere. *Schk.*

Farbenwechsel bei Herstellung von Silbersulfid. Einen einfach auszuführenden Versuch, der eine Reihe schnell sich vollziehender Farbenübergänge zeigt, giebt die Zeitschrift *Prometheus* (*XI*, *1900*, *S. 512*) an. Durch das Zusammengiefsen der Lösungen von Silbernitrat und Natriumthiosulfat entsteht ein weisser Niederschlag von Silberthiosulfat. Man giefst solange Höllensteinlösung nach, als der letztere an Dichte zunimmt. Das Silberthiosulfat zerfällt bald in Silbersulfid und Schwefeltrioxyd nach der Gleichung $Ag_2S_2O_3 = Ag_2S + SO_3$. Ersteres ist in fein verteiltem Zustande gelb, erscheint in gröfserer Menge aber gelbbraun bis schwarz. Daher färbt sich der Niederschlag innerhalb weniger Sekunden blafsgelb, dann orange, endlich braun bis tiefschwarz und läfst dabei alle Farbenübergänge gut erkennen. *J.*

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Wirkungen ultravioletter Strahlen. Tritt das Licht eines elektrischen Funkens durch ein Quarzfenster in einen von der Lichtquelle abgeschlossenen Raum, in dem sich ein aus der Spitze eines Glasrohres herauskommender Dampfstrahl befindet, so erfolgt in diesem eine Nebelkernbildung: Die verwaschene Gestalt des Strahls wird wolkig und besser begrenzt und sein mattes Grau geht in schimmernde Farben oder gar helles Weifs über. Wie Lenard zeigt, ist dieses die Wirkung ultravioletter Strahlen von hoher Brechbarkeit. (*Ann. d. Phys. 1, 486; 1900.*) Er benutzte zuerst die Funkenstrecke eines Induktoriums zwischen Zinkelektroden, als Fenster diente eine 3 mm dicke Quarzplatte, die luftdicht in einer grofsen Zinkplatte befestigt war. Eine dünne Glas- oder Glimmerplatte, vor das Fenster gelegt, unterdrückte die Dampfstrahlbildung völlig; die Wirkung konnte also nicht von den sichtbaren Lichtstrahlen herrühren. Ebenso verschwand die Wirkung, wenn der Funken über 2 cm vom Fenster entfernt wurde; bei allmählicher Entfernung des Dampfstrahls über 2 cm hinaus verspätete sich die Wirkung zunächst und hörte bald ganz auf. Wurde an die Stelle des Dampfstrahls eine negativ geladene Zinkplatte gebracht, so war die entladende Wirkung der Strahlen noch in mehreren Decimetern Entfernung zu beobachten. Der Verf. prüfte verschiedene Stoffe auf ihre Durchlässigkeit für jene Wirkung. Quarzplatten von 10 mm, Steinsalzschichten von 25 mm, Gypsplatten von 22 mm Dicke zeigten kaum eine Schwächung, während doch 20 mm Luft die Wirkung ganz auslöschten. Undurchlässig waren Blattaluminium, Seidenpapier, Gelatine (0,06 mm Dicke), Glimmer u. a. Von Flüssigkeiten, die bei horizontaler Anordnung des Fensters auf dasselbe gegossen wurden, verhielten sich Glycerin, Kochsalzlösung, Wasser von 1,3 mm Schichtendicke undurchlässig. Trübung sonst durchlässiger Körper machte sie undurchlässig. Die Wirkung geht durch das Vakuum, ebenso durch Wasserstoffgas. Lenard schliefst aus diesen Versuchen, dafs die wirksamen Strahlen ultraviolettes Licht eines höchst brechbaren Spektralgebietes sein müssen, das nach Schumanns Forschungen auch gerade von den oben genannten Körpern durchgelassen, von allen andern, auch der Luft, dagegen stark absorbiert wird.

Direkte Versuche über die Brechbarkeit der Strahlen bestätigten diese Vermutung. Dazu wurde die oben beschriebene Anordnung erheblich verbessert. Durch eine zweckmäfsigere Primärwickelung im Induktorium, durch Benutzung von Aluminiumelektroden, durch ein Quarzfenster von nur ½ mm Dicke, endlich durch Abschliefsung des Dampfstrahls von der übrigen Luft liefs sich die Erscheinung noch in 50 cm Entfernung beobachten. Die Durchlässigkeit der Körper blieb auch hier relativ dieselbe. Durch Einschieben un-



durchlässiger Körper in den Gang der Strahlen liefs sich ihre geradlinige Ausbreitung feststellen. Doch können die Dampfkerne auch aus dem Strahlenbündel herauswandern und mit der Luft fortströmen. Durch je eine Quarz-, Steinsalz- und Flufsspatlinse von kurzer Brennweite liefs sich die Wirkung conzentrieren und aus den gemessenen Objekt- und Bildabständen der Brechungsexponent berechnen. „Die so gefundenen Brechungsexponenten zeigen, dafs das Spektralbereich der Wirkung nahe dort beginnt, wo die vorhandenen Dispersionsmessungen im Ultraviolett endigen.“ Die Wellenlängen, die daraus mit der Helmholtzschen, aus der elektromagnetischen Lichttheorie gefolgerten Formel berechnet wurden, hatten Werte von 0,00014 bis 0,00019 mm für die wirksamen Strahlen.

Wurden verschiedene Gase zuerst durchstrahlt und dann auf den Dampfstrahl geleitet, so zeigten sich Sauerstoff, Luft und Kohlensäure gleich wirksam, Leuchtgas weniger, Wasserstoff ganz unwirksam. Letzteres wurde aber auch wirksam, wenn der Funken näher als 1 cm von dem Fenster sich befand. Es dürften daher von dem Funken auch Strahlen ausgehen, die der Wasserstoff absorbiert, die aber bei gröfserer Entfernung des Funkens schon von der zwischen Funken und Fenster befindlichen Luft absorbiert sind. — Bestrahlte Luft, die erst nach Aufhören der Belichtung auf den Dampfstrahl getrieben wurde, zeigte die Wirkung noch nach 30 Sekunden.

Lenard fand ferner, dafs die von den beschriebenen ultravioletten Strahlen getroffene Luft elektrisch leitend wird. Eine elektrisierte Aluminiumplatte wurde entladen und zwar ganz gleich, ob die Platte positiv oder negativ geladen war. Durchstrahltes Gas wurde zwischen zwei Condensatorplatten geblasen und entlud diese um so rascher, je gröfser die Strömungsgeschwindigkeit war. In Bezug auf Absorbierbarkeit und auf den Einfluss verschiedener Elektroden als Funkenquellen entsprach die elektrische Wirkung völlig der Dampfstrahlwirkung. Ebenso bewirkten die Strahlen intensive Ozonbildung, die durch Blaufärbung von Jodkalium nachgewiesen wurde.

Aufser dem Induktionsfunken erwies sich auch das elektrische Bogenlicht als Quelle jener ultravioletten Strahlen, die hier bis auf 35 cm hin wirksam waren. Die Wirkung ging dabei hauptsächlich von der leuchtenden Luft aus. Man könnte hiernach vermuten, dafs von der Gashülle der Sonne, den Protuberanzen, auch solche Strahlen ausgehen, deren Wirkungen wegen der Luftabsorption nur in den obersten Schichten der Atmosphäre zu finden sein dürften. Lenard beobachtete in der That, dafs sowohl positive als negative Ladungen eines Elektroskops, das in grofsen Höhen dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde, um so rascher entwichen, je höher man sich befand. So dauerte die gleiche Entladung in 1900 m Höhe 10 Sek., in 3500 m Höhe 2 Sek.; Beschatten mit der Hand steigerte die letztere Dauer auf 5 Sek. Beim Untergang der Sonne hörte die entladende Wirkung plötzlich auf.

Ausführlichere Beobachtungen von Elster und Geitel über die **Elektrizitätszerstreuung der atmosphärischen Luft** *(Ann. d. Phys. 2, 425; 1900)* dürften sich nach den Untersuchungen Lenards ebenfalls durch die Wirkung ultravioletter Sonnenstrahlen erklären lassen. Die Verff. construierten für ihre Versuche ein sehr gut isoliertes Elektroskop, auf das ein besonderer Zerstreuungskörper aufgesetzt werden konnte. Ohne diesen zeigte ein dem Elektroskop erteiltes Potential von 230 Volt in einer Stunde nur eine ganz geringe Abnahme; mit dem der freien Luft ausgesetzten Zerstreuungskörper dagegen war eine Abnahme bis zu 65 Volt in 15 Minuten zu beobachten. Bewegung der Luft hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die Zerstreuung der Elektrizität. Dagegen war der Einfluss der Lufttrübung unverkennbar. Je reiner die Luft, um so gröfser war die Zerstreuung; je mehr die Luft mit Staub, Rauch oder Nebel beladen war, um so kleiner war dieselbe. Versuche, die die Verff. im geschlossenen Raume, der mit Nebeln von Salmiak oder Wasser erfüllt war, anstellten, bestätigten die Beobachtungen in freier Luft. Sobald der Nebel eintrat, verlangsamte sich die Entladung, wurde die Luft wieder klar, so trat starke Zerstreuung ein. Elster und Geitel nehmen an, dafs in der Luft freie Ionen mit positiver und negativer Ladung vorhanden sind, welche die Zerstreuung bewirken. Wurde das Elektroskop in eine isolierte Umhüllung aus Drahtgeflecht gestellt, so zeigte sich, dafs bei gleichnamiger

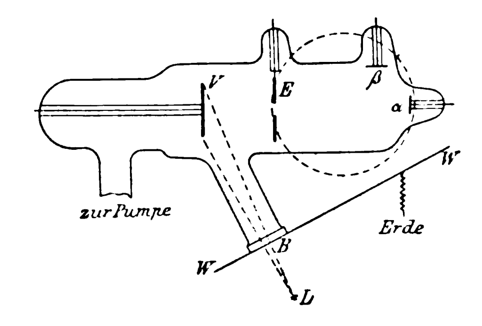


Ladung des Zerstreuungskörpers und des Drahtgeflechts die Zerstreuung gröfser war, als bei entgegengesetzter Ladung. Indem das Drahtgeflecht die entgegengesetzt geladenen Ionen heranzieht, diffundieren diese zum Teil in das Innere desselben und entladen hier das Elektroskop, wenn es ebenfalls die entgegengesetzte Ladung hat. Dieser Versuch entspricht durchaus einem von Sagnac angegebenen in dieser Zeitschrift *XIII*, *224* beschriebenen Versuch über die Elektrizitätsentladung durch Röntgenstrahlen. Dafs diese auf die Luft ionisierend wirken, wird jetzt allgemein angenommen; die Beobachtungen von Elster und Geitel zeigen, dafs die Luft auch unter gewöhnlichen Umständen, wohl unter der Einwirkung ultravioletter Strahlen, Ionen enthält. Während in tiefer gelegenen Gegenden die Zerstreuung beider Elektrizitäten durch die Luft nahezu gleich stark vor sich ging, war auf Bergspitzen die Entladung negativ elektrisierter Körper rascher als die positiver. Die Verff. erklären dieses durch das auf Bergspitzen besonders starke elektrische Feld des Erdkörpers, das auf die positiven Ionen eine ähnliche Wirkung ausübt, wie das Drahtgeflecht bei dem voriger Versuche. Hiernach dürften die Sonnenstrahlen in den obersten Schichten der Atmosphäre die Ionen erzeugen, die sich dann durch Diffusion und Strömungen überall hin verbreiten. Nach Birkeland ist die Sonne Ausgangsort von Kathodenstrahlen, die beim Eindringen in die Erdatmosphäre Lichterscheinungen, die Polarlichter, hervorrufen und dabei die Luft leitend machen.

Durch weitere Untersuchungen gelang es Lenard direkt nachzuweisen, dafs eine negativ geladene Platte unter dem Einflufs ultravioletten Lichtes im hohen Vacuum Strahlen aussendet, die alle Eigenschaften der Kathodenstrahlen besitzen. (*Ann. d. Phys. 2, 359; 1900.*) Das Licht L eines Induktionsfunkens trat durch eine Stanniolblende B und ein Quarzfenster in die Vacuumröhre und bestrahlte die Aluminiumelektrode V; E ist eine stets mit der Erde verbundene ringförmige Elektrode, α und β sind zwei Nebenelektroden. Die Röhre wurde durch fortgesetztes Erhitzen und die Entladungen eines grofsen Induktoriums so „hart“ gemacht, dafs dauernd keine Entladungen mehr hindurchgingen. Verband man nun V mit einem Elektroskop, so fielen dessen Blätter bei negativer Ladung augenblicklich zusammen, wenn V belichtet wurde. Positive Ladungen blieben bestehen oder nahmen sehr langsam ab. Die zu Anfang unelektrische Platte nahm unter dem Einflufs des Lichts ein positive Ladung bis zu 2,1 Volt an.

Eine Messung der in der Zeiteinheit entweichenden Elektrizitätsmengen zeigte, dafs diese in weiten Grenzen unabhängig sind von der ursprünglichen Spannung; erst wenn V unterhalb 100 Volt geladen ist, nehmen die entladenen Mengen mit sinkender Spannung ab. Die Constanz der Ausstrahlung ergiebt sich aber nur im reinen Vacuum, schon bei 0,002 mm Druck in der Röhre wächst die entwichene Elektrizitätsmenge mit zunehmender Spannung.

Die von der Kathode ausgehenden, mit Trägheit begabten Elektrizitätsmengen werden von Lenard „Quanten“ genannt. Der Weg, welchen die von der Elektrode V ausgehenden „Quanten“ nehmen, liegt in der Richtung von V nach α. Ist V etwa auf 30 000 Volt geladen, so beobachtet man bei einem mit α verbundenen Elektroskop eine negative Ladung, die mit der Belichtung einsetzt und langsam anwächst. Die seitliche geladene Elektrode erhält keine Ladung: die „Quanten“ bilden also einen Strahl, der durch die Öffnung von E kommend nach α hingeht. Bringt man jetzt ober- und unterhalb des Rohres eine (in der Figur durch den punktierten Kreis angedeutete) Spule an, durch die ein solcher Strom fliefst, dafs er einen Kathodenstrahl $E\alpha$ nach β hinlenken würde, so zeigt sich das bei β befindliche Elektroskop negativ geladen. Das Verhalten ist also genau dasselbe, als wenn von V Kathodenstrahlen ausgingen. Durch gewöhnliche Anwendung elektrischer Kraft ist es nicht möglich, in der aufs äufserste evacuierten Röhre Kathodenstrahlen zu erzeugen. Erst das ultra-



violette Licht wird hierzu das Mittel, und zwar nicht nur bei grofser, sondern auch bei beliebig geringer äufserer Spannung.

Lenard stellte noch eine Reihe quantitativer Messungen an und berechnete aus dem Potential der bestrahlten Elektrode, dem ablenkenden Strom, dem Magnetfelde und dem Krümmungsradius des abgelenkten Strahls das Verhältnis der Ladung zur Masse ε/μ und die Geschwindigkeit v. Es ergab sich im Mittel $\varepsilon/\mu = 11{,}5 \cdot 10^6$ ($cm^{1/2} g^{-1/2}$); v war von $0{,}12 \cdot 10^{10}$ bis $0{,}54 \cdot 10^{10}$ (cm-sec.$^{-1}$). Den Wert von ε/μ für gewöhnliche Kathodenstrahlen hatte Verf. zu $6{,}4 \cdot 10^6$ gefunden. Die Geschwindigkeit v ist bedeutend geringer als bei den sonst untersuchten Kathodenstrahlen: bei 607 Volt Spannung nur $^1/_{30}$ der Lichtgeschwindigkeit. Diese Strahlen konnten auf der Glaswand keine Phosphorescenz erregen. Die Strahlung geht nicht nur normal zur Kathodenfläche, sondern diffus nach allen Richtungen vor sich und besitzt eine Anfangsgeschwindigkeit, die Verf. zu höchstens $^1/_{10}\, v$ berechnet. Bei gröfserem Gasdruck werden die mit so geringer Geschwindigkeit ausgesandten Strahlen bald von dem Gase absorbiert. Die von Righi bei geringen Gasdrucken gefundene diffuse Ausbreitung der Ladung von der belichteten Stelle aus dürfte mit dieser diffusen Kathodenstrahlung identisch sein.

Auch E. Merritt und O. M. Stewart gelang es, bei der photoelektrischen Entladung das Vorhandensein der Eigenschaften der gewöhnlichen Kathodenstrahlen nachzuweisen. (*Physikal. Ztschr. I, 338; 1900.*) Die in einem Vacuumrohr befindliche Zinkkathode wurde durch eine Trockensäule zu einem negativen Potential von 100 bis 1500 Volt geladen und durch ein Quarzfenster mit kurzwelligem Lichte bestrahlt. Eine der Kathode gegenüberliegende Elektrode M erhielt dann eine negative Ladung, die von der Bestrahlung abhing. Durch ein magnetisches Feld liefs sich die Ladung von M nach einer seitlich gelegenen anderen Elektrode ablenken; die Richtung der Ablenkung stimmte mit der gewöhnlicher Kathodenstrahlen überein, auch war sie von derselben Gröfsenordnung. Es liefs sich auch nachweisen, dafs die photoelektrischen Strahlen die Luft leitend machen. Dafs negative Ionen vorhanden sind, geht schon aus dem vorigen hervor; machte man diese durch Hindurchleiten der Strahlen durch einen positiv geladenen Messingzylinder unwirksam, so zeigte ein als Elektrode dienender isolierter Draht positive Ladung, die von positiven Ionen herrühren mufste. Wurde der Zylinder negativ geladen, so drehte sich der zwischen ihm und dem Draht entstehende Strom um. Wie auch sonst bei elektrolytischer Leitung der Gase beobachtet worden ist, wuchs die Stromstärke nicht so rasch wie die E.M.K., zeigte sogar infolge elektrostatischer Einwirkung unter Umständen ein umgekehrtes Verhältnis. *Schk.*

Messung der Dauer elektro-optischer Vorgänge. Abraham und Lemoine gelang es, die annähernde Gröfse aufserordentlich kleiner Zeitintervalle dadurch zu bestimmen, dafs sie die vom Licht in derselben Zeit durchlaufenen Wege mafsen. (*C. R. CXXIX, 206; 1899.*) Kerr hat zuerst nachgewiesen, dafs ein Dielektrikum zwischen geladenen Condensatorplatten doppelbrechend wird. Die Verff. stellten sich die Frage, ob bei dem Kerrschen Phänomen die Doppelbrechung sofort mit dem elektrischen Felde auftritt und verschwindet oder ob hierzu Zeit nötig ist. Blondlot hatte bereits gefunden, dafs, wenn eine Verzögerung besteht, diese unter $^1/_{40000}$ Sekunde liegt.

Die Verff. verbanden (Fig. 1) den Condensator K (2 Messingplatten in Schwefelkohlenstoff) durch eine möglichst kurze Leitung mit dem Entlader E; P sind die Pole eines Hochspannungstransformators, R ein Rheostat aus Kupfersulfatlösung. Der Funken des Entladers wurde energisch angeblasen und dadurch in eine Reihe disruptiver Entladungen verwandelt. Das Licht des Funkens konnte einerseits durch die Linse L_1 direkt in den Condensatorraum eintreten; andererseits konnte es durch die Spiegel M_2, M_3, M_4, M_1 (L_2 und L_3 sind auch Linsen) auf einem weiteren Wege in jenen Raum zurückgeführt werden. N_1 und N_2 sind Nicolsche Prismen, B eine doppelt brechende Platte. Mit dem Fernrohr V beobachtet man die beiden Bilder der Platte und bringt sie durch Drehung von N_2 auf gleiche Helligkeit. Die Anordnung erlaubt, die Stärke des Kerrschen Phänomens zu verschiedenen Zeiten zu messen. Die erste Messung wird gemacht nach Wegnahme des Spiegels M_1 und giebt den



Wert des Phänomens nach der Zeit, die das Licht braucht, um den Weg EK (20 cm) zurückzulegen. Bei den folgenden Messungen wird M_1 an seine Stelle gebracht; durch allmähliches Entfernen der Spiegel M_2 M_3 kann man willkürlich die Zeit vergröſsern, die zwischen der Entstehung des Funkens und dem Augenblick vergeht, wo das Licht desselben den Condensator durchdringt. Auf diese Weise gelangt man dazu, die Kurve des Phänomens als Funktion der Zeit zu construieren; ein Weg von 1 m entspricht dabei $^1/_{300}$ μs ($\mu s = 1$ Millionstel Sekunde).

Es ergab sich, daſs, wenn der Funken nur den Weg EK, d. h. 20 cm zurücklegte, der Nicol N_2 um 17,3° gedreht werden muſste; war der Weg 100 cm, so waren es 8,7°; bei 400 cm oder mehr war das Kerrsche Phänomen nicht mehr meſsbar. Es geht daraus hervor, daſs, um das Phänomen auf die Hälfte zu reduzieren, es genügt, daſs das Licht mit einer Verzögerung von 80 cm, d. h. etwa um $^1/_{400}$ μs ankommt. Diese Zeit wäre 10 000 mal kleiner als die von **Blondlot** gefundene Grenze.

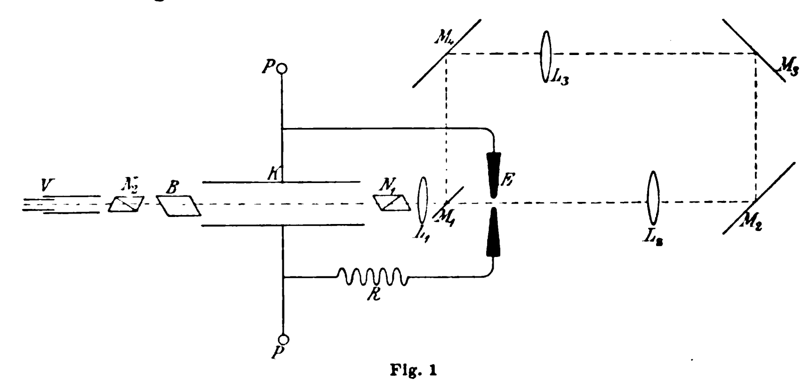


Fig. 1

Aus der Dauer des Kerrschen Phänomens suchten die Verff. weiterhin einen Schluſs zu ziehen auf die **Dauer des elektrischen Funkens.** (*C. R. CXXX, 245; 1900.*) Als Bedingung für die Gleichheit der Bilder stellten sie eine Beziehung auf zwischen dem Drehungswinkel 2α des Nicols und den Lichtmengen, die der Funken überhaupt und während der Dauer des Kerrschen Phänomens durch den Condensator sendet. Setzte man hierin den für den kürzesten Weg erhaltenen Wert $2\alpha = 17{,}3°$, so ergab sich, daſs die von dem Funken ausgesandte totale Lichtmenge geringer ist als das 40 fache derjenigen, die er in der Zeit aussendet, in der das Kerrsche Phänomen zu verschwinden anfängt, d. h. in weniger als $^1/_{100}$ μs. Nimmt man für den Funken gleichmäſsige Intensität während seiner ganzen Dauer an, so würde man daraus schlieſsen können, daſs diese Dauer viel kleiner ist als 0,4 μs. Würde ferner der Funken in gleicher Intensität $^1/_{400}$ μs andauern, so würde eine Vergröſserung seiner Entfernung von 20 auf 100 cm das Kerrsche Phänomen noch nicht beeinflussen können; da dieses aber auf die Hälfte reduziert wird, so muſs sich die Intensität des Funkens in $^1/_{400}$ μs schon merklich ändern.

Der relative Verlauf des Kerrschen Phänomens und des Funkens ist in Fig. 2 graphisch dargestellt. Kurve C zeigt die Änderung des Phänomens, die Kurven C_1 bis C_3 die Änderungen des Funkens als Funktionen der Zeit für die drei oben angegebenen Messungen. Die für geringe Entfernung des Funkens gezeichnete Kurve C_1 schneidet C: das Phänomen ist deutlich sichtbar, und der Nicol zeigt 17,3°. Verzögert man die Ankunft des Funkens, so gleitet die Kurve C_1 nach rechts; sie gehe für die zweite Beobachtung (8°) in C_2 über: beim Beginn des Funkens sieht man schon den Schluſs des Phänomens. Kommt endlich das Licht des Funkens noch später an und zeigt den Verlauf C_3, so ist das Phänomen nicht mehr sichtbar. Der Zeitraum von $^1/_{100}$ μs, welcher eine Grenze für das vollständige Aufhören des Kerrschen Phänomens bildet, ist eigentlich aus drei Teilen zusammengesetzt: 1. der Zeitdauer der Entstehung des

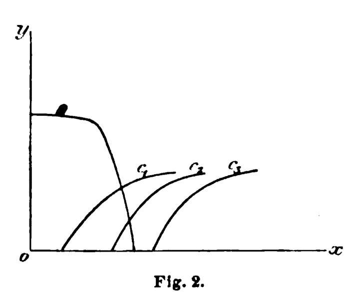


Fig. 2.

Funkens, 2. der Zeitdauer des Verschwindens des elektrischen Feldes im Kerrschen Condensator, 3. der Zeit, in der der Schwefelkohlenstoff seine Doppelbrechung nach Verschwinden des Feldes etwa noch bewahrt. Jede dieser 3 Erscheinungen, für sich allein genommen, wird daher nicht die Zeitdauer von $^1/_{100}\,\mu s$ erreichen.

Mit derselben Methode suchten die Verff. die etwaige Verzögerung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene beim Verschwinden des felderzeugenden Stromes zu bestimmen. (*C. R. CXXX, 499; 1900.*) An Stelle des Condensators in der vorigen Anordnung befand sich eine mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Röhre, die von einem Solenoid umgeben war. In den Stromkreis des letzteren waren ein Condensator, ein Rheostat und der Entlader *E* eingeschaltet. Das Licht des Funkens *E* passierte der Länge nach die Röhre; die Drehung seiner Polarisationsebene wurde in gleicher Weise wie vorhin bestimmt. Durch einen flüssigen Widerstand wurde die Entladung bei *E* stark gedämpft. Die Verff. fanden bei einem Lichtwege von 20 cm an dem Nicol $2\,\alpha = 4{,}5^{\circ}$, bei einem Lichtwege von 260 cm $2\,\alpha = 2{,}3^{\circ}$; über 6 m hinaus war keine Drehung mehr meſsbar. Es geht daraus hervor, daſs die gemessene magnetische Drehung der Polarisationsebene sich in $^1/_{100}\,\mu s$ um die Hälfte vermindert und nach der doppelten Zeit beinahe Null wird. Da auch dieser Zeitraum sich aus den oben genannten drei Teilen zusammensetzt, so kann man wohl sagen, daſs die wirkliche Drehung noch nicht mit 1 Hundertmillionstel Sekunde Verzögerung dem Strome folgt. Beachtet man, daſs das Solenoid die Dauer der Entladung auch noch vergröſsert, so kann man wohl als wahrscheinlich ansehen, daſs die magnetische Drehung der Polarisationsebene, wie auch das Kerrsche Phänomen den Variationen des Feldes ohne eine Verzögerung folgen.

Mit Hülfe derselben Methode suchte Brunhes die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen zu messen. (*C. R. CXXX 127; 1900.*) Diese Strahlen besitzen eine Einwirkung auf das Entladungspotential, so daſs in einem mit den Polen einer Influenzmaschine verbundenen Funkenmikrometer durch Bestrahlung die Funkenbildung hervorgerufen werden kann. In zwei von einander unabhängigen Mikrometern wird durch Bestrahlung gleichzeitig ein Funken ausgelöst werden; ist das eine Mikrometer von der Röntgenröhre weiter entfernt als das andere, so wird zwischen den beiden Funken die Zeit verflieſsen, die die Strahlen brauchen, um die Entfernung zwischen den beiden Mikrometern zurückzulegen.

Der Verf. erzeugte nun in der vorigen Versuchsanordnung das elektrische Feld zwischen den Platten des Kerrschen Condensators durch die sekundäre Entladung einer Töplerschen Maschine, deren Pole mit den inneren Belegungen zweier Leydener Flaschen verbunden waren; die äuſseren Belegungen führten zu den Condensatorplatten und einer diese entladenden Funkenstrecke. Die primäre Entladung der Maschine gab einen Funken *P*. Von der Entladung einer zweiten (Voſsschen) Maschine wurde unabhängig davon ein Funken *E* erzeugt, der zugleich als Lichtquelle diente und sich vor dem polarisierenden Nicol befand. Werden die beiden Maschinen von zwei Gehülfen gedreht, so tritt im allgemeinen kein Synchronismus der beiden Funken *P* und *E* ein. Ein solcher läſst sich aber durch Einwirkung der von *P* ausgehenden ultravioletten Strahlen auf *E* hervorrufen. Durch geeignete Variation der Drehungsgeschwindigkeiten gelangt man schlieſslich dazu, daſs alle Funken *E* gleichzeitig mit *P* auftreten; man erkennt das durch das deutliche Erscheinen des einen Bildes in dem analysierenden Nicol. Der Synchronismus hört sofort auf, wenn ein Schirm schwarzer Pappe zwischen *P* und *E* gebracht wird. Bringt man jetzt eine Crookessche Röhre auf das Gestell des Entladers *P* und erzeugt in dieser durch ein besonderes Induktorium Röntgenstrahlen, so läſst sich der Synchronismus beider Funken, wenn auch mit einiger Mühe und nicht regelmäſsig, wieder herstellen. Entfernt man des Gestell mit *P* und der Röhre von der Funkenstrecke *E* bis auf 1 m, so bleibt die Gleichzeitigkeit ebenfalls noch bestehen. Soweit die noch unsicheren Messungen einen Schluſs zulassen, scheint die Phasendifferenz des Kerrschen Phänomens bei der letzten Versuchsanordnung in demselben Verhältnis abzunehmen wie sie durch Entfernung von *P* in dem Falle abnimmt, wo der Funken *E* durch die von dem Funken *P* ausgehende ultraviolette Bestrahlung mit diesem



synchronisiert wird. Daraus würde folgen, dafs die X-Strahlen sich mit einer Geschwindigkeit von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit fortpflanzen.

Beim weiteren Verfolgen dieser Versuche kam Brunhes zu der Wahrnehmung, dafs die Emissionsdauer der Röntgenstrahlen verglichen mit der Dauer eines elektrischen Funkens eine beträchtliche Gröfse haben müsse. (*C. R. CXXX, 1007; 1900.*) Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die gleichzeitige Auslösung zweier Funken, eines primären Funkens *P* und eines 60 cm davon entfernten sekundären Funkens *S* desselben Induktoriums blieb die gleiche, ob die Crookessche Röhre sich bei *P* oder bei *S* befand, d. h. es war gleichgültig, ob die Röntgenstrahlen zuerst das primäre oder ob sie zuerst das sekundäre Funkenmikrometer trafen. Der Versuch gelang nicht in dieser Weise, wenn man an Stelle der X-Strahlen die ultraviolette Strahlung eines elektrischen Funkens zur Auslösung der Entladung benutzte. Die Erklärung dieser Verschiedenheit ist in dem Unterschiede zwischen der Dauer eines Funkens und der Dauer einer Emission der X-Strahlen zu suchen.

Auch auf anderem Wege liefs sich dieser Unterschied feststellen. Eine Blechscheibe, die mehrere radiale Reihen kreisförmiger Löcher enthält, wird vor einem Funkenmikrometer in rasche Drehung versetzt; die durch den elektrischen Funken auf einem weifsen Schirm erzeugten Schattenbilder jener Öffnungen behalten auch während der Drehung ihre kreisförmige Gestalt. Es ist das ein zuerst von Wheatstone beschriebener Versuch. Brunhes wiederholte denselben in der entsprechenden Form mit Röntgenstrahlen. An die Stelle des Funkenmikrometers trat die Crookessche Röhre, an Stelle des Papierschirmes ein Fluorescenzschirm; die Röntgenstrahlen werfen auf diesen ebenfalls kreisrunde Bilder der Oeffnungen, solange die Blechscheibe ruht. Wird diese aber rasch gedreht, so kann man deutlich erkennen, dafs die Form der Bilder sich in tangentialer Richtung verlängert. Der Versuch erlaubte annähernd die Emissionszeit der X-Strahlen zu schätzen. Stand die Röhre 40 cm hinter der rotierenden Scheibe, der Leuchtschirm 3 bis 4 cm davor, so erschienen die Öffnungen während der Drehung in Ellipsen verwandelt, deren grofse Achse ein wenig kleiner war als das Doppelte der kleinen Achse. Die der Peripherie nächsten Öffnungen erschienen am meisten verlängert. Nimmt man an, dafs bei diesen in der That die Verlängerung einer Öffnung dem halben Durchmesser (2,5 mm) derselben gleich wäre, so erhält man aus der bekannten Winkelgeschwindigkeit der Scheibe für die Dauer der Emission ungefähr $^1/_{12500}$ Sekunde. Die Dauer scheint von der Entfernung der Kathode von der Antikathode abhängig zu sein. Sie ist enorm verglichen mit der Zeitdauer des elektrischen Funkens und ist wohl die Ursache der Schwierigkeit, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der X-Strahlen zu messen.

Wird die Crookessche Röhre von der rotierenden Scheibe von 35 bis 70 cm entfernt, so behalten die Schattenbilder der Öffnungen genau dieselbe Form als wenn die Röhre nahe der Scheibe steht. Der Durchgang durch eine Luftschicht bis zu 35 cm scheint also die Länge eines Wellenzuges der Strahlen nicht zu verändern. Ist dieses der Fall, so dürfte die Zeit, welche zwischen der Ankunft der Wellenfront an zwei aufeinander folgenden Hindernissen vergeht, sehr genau zu messen sein. Und es ist wohl die Ankunft der Wellenfront an einem Funkenmikrometer, die den Funken auslöst in den Fällen, wo die X-Strahlen zwischen zwei unabhängigen Funken den fast vollständigen Synchronismus herstellen, den die Erscheinung des Kerrschen Phänomens enthüllt. *Schk.*

Der elektrische Lichtbogen zwischen Metallelektroden in Stickstoff und Wasserstoff. Von L. Arons (*Ann. d. Phys. 1, 700; 1900*). Als Elektroden dienten cylindrische Metallstäbe von 5—8 mm Durchmesser, zwischen denen ein Strom von 105—110 Volt Spannung den Bogen erzeugte. Das Versuchsgefäfs wurde mit dem betreffenden Gase gefüllt und war mit Luftpumpe und Manometer in Verbindung. Da die Elektroden schnell weich werden, so mufs man, um das Schmelzen zu verhüten, den Versuch bald abbrechen. Da auch der Druck sich bei Einleitung des Stromes änderte, so konnten bei den quantitativen Messungen nur ungefähre Zahlen gewonnen werden.

Der Verf. untersuchte Elektroden aus Al, Cd, Cu, Fe, Mg, Messing, Pb, Pt und Zn. Bei allen diesen Metallen zeigte sich in Stickstoff eine Veränderung der Elektrodenoberfläche, die durch eine Nitridbildung zu erklären ist. Direkt nachweisen liefs sich das Metallnitrid bei Aluminium und Magnesium. Die Aluminiumelektroden zeigten sich nach längerem Brennen in der Stickstoffatmosphäre mit einer grauschwarzen Kruste bedeckt, die in heifser Kalilauge leicht als Nitrid erkannt wurde. Auf den Gefäfswänden und dem über dem Bogen angebrachten Glimmerdach schlug sich dabei metallisches Aluminium nieder, dessen graue Farbe und äufserst feine Verteilung vermuten liefs, dafs es sich erst wieder aus einer chemischen Verbindung abgeschieden habe. Wahrscheinlich zerfällt in der hohen Temperatur des Bogens das gebildete Nitrid wieder, während es auf den kühleren Elektroden bestehen bleibt. Auch bei den Magnesiumelektroden liefs sich das Nitrid direkt nachweisen. Bei den übrigen Metallen deuteten nur Färbungen auf Nitridbildung hin; bei allen fand sich aber auf dem Glimmerschirm eine Metallstaubdecke. Messingelektroden färbten sich im Stickstoff kupferig, da der Bogen hauptsächlich vom Zn gespeist wird. Der Bogen zwischen Pt-Elektroden kam erst bei Drucken über 50 cm und bei grofsen Stromstärken zu stande. Ganz abweichend verhielt sich das Silber. Während dieses in Luft einen prächtigen Lichtbogen giebt, erhielt man damit in Stickstoff überhaupt keinen dauernden Bogen; ein vorübergehender bildete sich nur bei 0,5 mm Elektrodenabstand unter Atmosphärendruck. Es spielen jedenfalls bei der Entstehung des Lichtbogens chemische Vorgänge zwischen dem Elektrodenmaterial und dem umgebenden Gase eine Rolle; das Silber hat zu dem Stickstoff eine sehr schwache chemische Verwandtschaft.

Ein Vergleich der vom Verf. gemessenen Spannungen mit den entsprechenden von v. Lang in Luft gefundenen zeigte, dafs bei den meisten Metallen die Spannungen in Stickstoff kleiner sind als in Luft; bei Eisen, das in Luft zu den Metallen mit höherer Spannung gehört, ist sie hier fast am niedrigsten. Nur bei Kupfer ist die Spannung in Stickstoff höher als in Luft. Auch hieraus geht das Vorhandensein chemischer Beziehungen zwischen den Metallen und dem umgebenden Gase hervor.

Bei gleichem Abstande der Elektroden nahm die Spannung an ihnen ab, wenn die Stromstärke stieg; bei gleicher Stromstärke und gleichem Abstande nahm die Spannung mit dem Druck zu. Die geringsten Stromstärken, bei denen der Bogen noch betrieben werden konnte, waren bei verschiedenen Drucken sehr verschieden; ebenso waren die niedrigsten Drucke, bei denen der Bogen entstand, bei den einzelnen Metallen sehr ungleich. Auch das Aussehen des Bogens änderte sich oft mit dem Druck.

Eine Untersuchung des Lichtbogens derselben Metalle in Wasserstoff zeigte grofse Abweichungen von dem in Stickstoff erzeugten Bogen. So versagten Kupfer und Aluminium, die in Stickstoff sehr schöne Bogen lieferten, in Wasserstoff fast vollständig. Platin und Silber erforderten so hohe Stromstärken, dafs die Elektroden sofort gefährdet wurden. Silber ist daher für Messungen fast ungeeignet, ebenso Eisen und Blei; Zinn ist ganz unbrauchbar. Am günstigsten verhalten sich Kadmium, Zink und Magnesium. In wieweit auch hier die chemischen Beziehungen zwischen den Metallen und Wasserstoff von Bedeutung sind, kann erst bei genauer Kenntnis der Hydrüre entschieden werden. *Schk.*

---

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Akustik. IV. Die Analyse der Sirenenklänge. Von Prof. Dr. Ernst Robel. (*Progr.-Abh. des Luisenstädt. R.-G. zu Berlin, 1900, Pr. No. 102.*) Der letzte Teil dieser verdienstlichen Monographie ist vor fünf Jahren erschienen. (*Vgl. d Ztschr. VIII 370.*) Nachdem bereits früher dargestellt, wie Ohm das Problem des Klanges unter gewissen vereinfachenden Annahmen behandelt, wird nun auf die Aufgabe eingegangen, wie sich die Ohmsche Erklärung auf die mit den verschiedenen Sirenenformen angestellten Versuche ausdehnen lasse. Diese Aufgabe ist durch den französischen Physiker A. Terquem in einer Abhandlung vom Jahre 1870 (in den *Ann.*

scient. de l'École Norm. Sup. tome VII) geliefert werden, deren Resultate den Hauptbestandteil der vorliegenden Schrift bilden. Terquem hat die Untersuchung mit Hülfe des bereits von Ohm benutzten Fourierschen Theorems über die periodischen Funktionen durchgeführt, und dabei die Voraussetzung gemacht, dafs der Druck der im Windkessel befindlichen Luft während des Ausströmens unverändert bleibt, oder was dasselbe ist, dafs das Ausströmen der Luft mit constanter Geschwindigkeit geschieht; diese Annahme dürfte in allen den Fällen hinreichend erfüllt sein, wo die Öffnungen der Sirenenscheibe im Verhältnis zu ihren Abständen klein sind. Es stellt sich dabei heraus, dafs bei der Hervorbringung eines Tones durch getrennte Stöfse stets zweierlei Wirkungen zu unterscheiden sind, eine wirkliche Verschiebung der Luft, die sich mehr oder weniger weit fortpflanzt, ohne auf das Ohr einen Eindruck hervorzubringen, und eine schwingende Bewegung, die selbst wieder in zwei Perioden (der Condensation und der Dilatation) zerfällt, in denen die Luftteilchen gleiche aber entgegengesetzte Bewegungen ausführen. Die Condensation und die Dilatation sind unter sich gleich, ebenso als wenn der Ton von einem schwingenden Körper hervorgebracht würde; die beiden Perioden können im übrigen ungleiche Dauer haben und verschiedenen Gesetzen folgen. Der Klang des erzeugten Tones wird hiernach nur abhängen von der relativen Dauer der beiden Perioden und von der Form der Funktion, die jede dieser Perioden darstellt; haben die beiden Perioden gleiche Dauer, so nähert sich der erzeugte Sirenenton soviel als möglich einem einfachen Ton.

Terquem hat seine Untersuchung auf vier Hauptfälle ausgedehnt, die alle bisher vorgekommenen Tonerzeugungen mittelst der Sirenen umfassen, nämlich je nachdem die Töne durch gleiche und äquidistante, oder durch zwei ungleich entfernte, oder durch drei ungleich entfernte, oder durch beliebig viele ungleich entfernte Luftstöfse hervorgebracht werden. Der erste Fall wird nicht nur für radial spaltförmige, sondern auch für viereckige, dreieckige und kreisförmige Öffnungen behandelt, ferner auch auf solche Versuche ausgedehnt, bei denen nach R. Königs Verfahren Sirenenscheiben mit am Rande ausgeschnittenen Curven von verschiedener Form zur Verwendung kommen. Im zweiten Fall wird unterschieden, ob die beiden Impulse in demselben oder in entgegengesetztem Sinne erfolgen. Entsprechende Unterscheidungen werden auch im dritten Fall gemacht. Besonders interessant ist der vierte Fall, der sowohl auf gewisse Erscheinungen an den Savartschen Zahnradsirenen, als auf die Sirenen von Opelt Anwendung findet. Bei letzterer befinden sich auf dem 16. bis 20. Löcherkreise nicht äquidistante Öffnungen, die derart angeordnet sind, dafs zwischen 24 äquidistante Öffnungen andere unter sich äquidistante eingeschaltet sind, deren Zahl auf dem Terzenkreise $^5/_4 \cdot 24 = 30$, auf den folgenden $^4/_3 \cdot 24 = 32$, $^3/_2 \cdot 24 = 36$, $^5/_3 \cdot 24 = 40$, $^7/_4 \cdot 24 = 42$ beträgt. Für diese Kreise ermöglicht die Terquemsche Theorie die Bestimmung der Grundtöne und der gleichzeitig hörbaren harmonischen Obertöne; ebenso auch für den 21. bis 24. Kreis, die die gemischten Rhythmen und die hüpfenden Rhythmen liefern. Die von Terquem in Aussicht gestellten Experimentaluntersuchungen zur weiteren Prüfung und Bestätigung seiner Resultate scheinen nicht ausgeführt worden zu sein, da keine Veröffentlichung darüber bekannt ist.

Den Schlufs der Abhandlung bildet eine Beschreibung von Königs Methode der manometrischen Flammen zur experimentellen Analyse der Sirenenklänge. Ein fünfter und letzter Teil soll die Wellen- und die elektrischen Sirenen sowie einige besondere Formen zur Besprechung bringen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Instruktionen für den physikalischen und chemischen Unterricht in Frankreich. Das französische Ministerium des öffentlichen Unterrichts hat vor kurzem, gleichzeitig mit neuen Lehrplänen, Instruktionen für den höheren Schulunterricht (*enseignement secondaire*) erlassen, die zwar zunächst nur für die „klassische" Abteilung der höheren Schulen bestimmt sind, aber doch auch für die „moderne" (realistische) Abteilung Gültigkeit haben (*Instructions concernant les programmes de l'enseignement secondaire classique, Paris, Delalain frères, 1899*).

Voraus bemerkt sei, dafs in der klassischen Abteilung nur auf der obersten Stufe (*classe de philosophie*) während eines Jahres 5 St. wöchentlich für Physik und Chemie, überdies allerdings 2 St. Naturgeschichte angesetzt sind, wozu noch insgesamt 12 St. Hygiene während des ganzen Schuljahres hinzukommen. Die Instruktionen, die namentlich für die Disziplin bedeutsame Reformen vorschreiben, geben hinsichtlich der „*Sciences physiques*“ nur folgenden kurzen Auszug aus den Verhandlungen der für die Reformen des naturwissenschaftlichen Unterrichts eingesetzten Commission:

„Im naturwissenschaftlichen Unterricht liegt der gewöhnlichste Fehler darin, dafs entgegen der experimentellen Natur der Wissenschaft der Unterricht in dogmatischer Form erteilt wird. Das Experiment, das die Grundlage und der Nerv der Wissenschaft ist, sollte im Unterricht nicht nur als Illustration und zur Unterhaltung auftreten. In der Physik ist eine gute Darstellung der bereits erkannten Wahrheiten ohne Zweifel etwas sehr Nützliches. Noch nützlicher aber würde es sein, wenn man die Schüler in die Methode selbst einführte, die die fruchtbarste und allgemeinste von allen ist, und die darin besteht, dafs richtig analysierte Thatsachen zur Grundlage sowohl als auch zur Berichtigung und zur Bestätigung des Denkens dienen. Der Lehrer wird also seinen Unterricht der Kultur des Geistes dienstbar machen müssen; die analytische Methode ist hier die einzig anwendbare. Von wohlconstatierten Thatsachen aus, von einfachen Experimenten, die vor den Schülern in der Stunde selbst angestellt sind, wird er zur Untersuchung complizierterer Erscheinungen fortschreiten und mit der Feststellung des sie beherrschenden Gesetzes schliefsen. Er wird überdies, bei einigen dafür geeigneten Fragen, in zusammenfassender Darstellung den Weg aufzeigen, den der menschliche Geist gegangen ist, und die aufeinanderfolgenden Schritte, durch die er zur Entdeckung der wissenschaftlichen Wahrheit gelangt ist. Auf diese Weise wird sich am überzeugendsten der Einflufs erkennen lassen, den die wohlüberlegte Anwendung der experimentellen Methode auf die Entwicklung und den Fortschritt der Naturwissenschaften geübt hat.“

Diese Grundsätze, die in Deutschland wohl allgemein anerkannt sind, werden dann noch durch die Ratschläge erläutert, die der berühmte Chemiker J. B. Dumas bereits in den Instruktionen von 1854 niedergelegt hat. Es heifst dort unter anderm:

„Man kann die Schüler mit Leichtigkeit dazu bringen, dafs sie ein ganzes Lehrbuch der Chemie auswendig lernen, aber dies ist noch kein wahres Wissen; sorgt der Lehrer dafür, dafs die Schüler die Wissenschaft wirklich verstehen, so werden ihre Leistungen vielleicht weniger „brillant“, aber ihre Begriffe werden sicherer und dauerhafter sein. Um dies zu erreichen, mufs man sie durch häufige Beispiele daran gewöhnen, selbst über die Erscheinungen nachzudenken, Schlüsse daraus zu ziehen und Folgerungen abzuleiten. Handelt es sich um grundlegende Versuche, wie die Analyse der Luft, die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, so sollte der Lehrer die ganze Kraft der Aufmerksamkeit seiner Schüler darauf conzentrieren, indem er den Verlauf der Vorgänge genau verfolgt, sie in dem Mafse wie sie sich abspielen beschreibt, die verschiedenen Phasen vorher ankündigt, die Zwischenfälle erklärt, ohne sich doch in Einzelheiten zu verlieren.“ —

„Will der Lehrer sich der Resultate vergewissern, die er erzielt hat, so lasse er von einem der Schüler eine Stelle aus einem chemischen Buche laut vorlesen und verlange eine Erklärung oder einen Commentar, entweder von dem Schüler selbst oder von seinen Mitschülern. Während das Vorlegen von Fragen über chemische Gegenstände nicht immer den wünschenswerten Erfolg hat, kommt man mit diesem Verfahren immer zum Ziel. Wenn der Schüler die Begriffe, die der Text enthält, richtig auffafst, und die zahlreichen Fragen die sich daran anschliefsen lassen, richtig beantwortet, so weifs er schon viel. Wenn er im Gegenteil zögert oder sich irrt, so ist nichts geeigneter ihn erkennen zu lassen, dafs er noch erneute Anstrengungen machen mufs.“ —

„Giebt man den Schülern stöchiometrische Aufgaben, so empfiehlt es sich, die Lösung ab und zu durch den Versuch zu controllieren. Haben die Schüler z. B. berechnet, wieviel ccm Kohlensäure man aus 1 Gramm Kreide erhält, so ist nichts leichter als das Resultat



unmittelbar durch einen Schüler vor der Klasse durch den Versuch über der Quecksilberwanne bestätigen zu lassen.“ —

Während diese Bemerkungen hauptsächlich den chemischen Unterricht angehen, beziehen sich die folgenden insbesondere auf den physikalischen Unterricht.

„In den physikalischen Apparaten erscheint der erste Gedanke des Erfinders sehr häufig in einer Form, die ihn seiner ursprünglichen Einfachheit beraubt. Fast immer finden sich diesen Apparaten complizierte Einrichtungen hinzugefügt, auf die der Blick des Schülers abirrt und die ihn von dem eigentlichen Gegenstand der Demonstration ablenken. Ihr hoher Preis läfst in den Schülern den Gedanken nicht aufkommen, dafs sie selbst sich einmal mit Physik beschäftigen könnten; sie glauben leicht, dafs diese Wissenschaft denen vorbehalten sei, die über ein grofses Kabinet oder über ein grofses Vermögen verfügen. Was kann es aber einfacheres geben als die Mittel, mit denen Volta, Dalton, Gay-Lussac, Biot, Arago, Melus, Fresnel die moderne Physik begründet haben? Sie erreichten dieses Ziel mit so gewöhnlichen Werkzeugen, mit so geringem Kostenaufwand und durch so einfache Versuche, dafs man mit Recht die Frage aufwerfen darf, ob der physikalische Unterricht nicht den Verfertigern von Apparaten zu viel Einflufs eingeräumt hat. Unmerklich hat man den Gedanken, den man dem Geist der Schüler zuführen will, zurücktreten lassen hinter dem Apparat, der nur die materielle Darstellung oder die Bestätigung des Gedankens liefern sollte. Die Professoren nehmen Anstand eine Klasse von Erscheinungen zu behandeln, wenn ihrem Kabinette der Apparat fehlt, den die Pariser Construkteure für diesen Zweck erdacht haben; als ob ihre Darstellung etwas verlöre, wenn sie mit den sehr einfachen, von den Erfindern selbst ersonnenen Mitteln geschähe!“ —

„Wir können nicht nachdrücklich genug darauf hinweisen, wie wichtig für den Unterricht ein neben dem Kabinet gelegener Arbeitsraum ist; die Lehrer der Physik sollten darauf bedacht sein, ihre Apparate zu vereinfachen, sie, wenn es nur irgend möglich ist selbst zu construieren, nur einfache Materialien dazu zu verwenden, sich bei ihren Constructionen den primitiven Apparaten der Erfinder anzunähern, Apparate mit mehr als einer Bestimmung, deren Beschreibung fast immer für die Schüler unverständlich bleibt, zu vermeiden.“ —

„Auch das Streben nach zu grofser Präzision ist ein Fehler. Irrig ist es z. B. zu behaupten, dafs man von der Ausdehnung der Gase durch die Wärme nicht sprechen könne, ohne auf die feinen Apparate einzugehen, die zu den letzten Mafsbestimmungen für diese Erscheinung gedient haben. Dafs Wärme die Luft ausdehnt, ist für jedermann nützlich zu wissen; dafs diese Ausdehnung für alle Gase merklich dieselbe Gröfse hat, mufs allen unterrichteten jungen Leuten bekannt sein, denn es ist eins der schönsten Naturgesetze. Aber dafs dieses Gesetz nur von beschränkter Gültigkeit sei und dafs jedes Gas einen besonderen Ausdehnungskoëfficienten habe, der von einem zum andern in der dritten oder vierten Dezimale variiert, dies geht nur die Gelehrten von Beruf an.“ —

„Der Unterricht mufs auch die Apparate berücksichtigen, die sich auf die Anwendungen der Physik im täglichen Leben beziehen. Verschmähen wir es nicht, unseren Schülern die Prinzipien klar zu machen, auf denen die häuslichen Beleuchtungsapparate beruhen, und die Art, wie man damit umzugehen hat, zu erörtern. Sie sollen lernen, woran man eine gute Heizvorrichtung erkennt und wie man sie am besten ausnutzt. Sie sollen verstehen ihre Wohnung rationell zu lüften und gesund zu halten.“ —

„Es ist ratsam, auf die geschichtliche Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis einzugehen. Die Schüler werden dadurch lernen, dafs man in der Physik, wie in fast allen Wissenschaften mit Ausnahme der Geometrie, sich davor hüten mufs, selbst aus einem als sicher erkannten Prinzip zu weit gehende Folgerungen zu ziehen, wenn man nicht im stande ist, sie durch die Erfahrung zu prüfen und so zu bestätigen. Von allen Lehren, die den Schülern gegeben werden, ist diese eine der wichtigsten.“ —

Die französische Unterrichtsbehörde hat es für gut befunden, diese vortrefflichen Ratschläge gelegentlich der neuen Lehrpläne wieder in Erinnerung zu bringen. In der



That scheinen grade einige der wertvollsten dieser Ratschläge in dem inzwischen verflossenen halben Jahrhundert noch keineswegs eine durchgreifende Wirkung geübt zu haben. Was einer solchen Wirkung entgegensteht, ist der Geist des französischen Unterrichtswesens selber, der in der Einrichtung der allgemeinen Wettbewerbe (*concours généraux*) gipfelt und die Übergangsprüfung zu den Hochschulen den Professoren der letzteren überträgt. Beide Einrichtungen begünstigen eine Tendenz zu eben den „brillanten" Abschlufsleistungen und zu jenem Vielwissen, das von Dumas als minderwertig verworfen wird; sie leisten ferner einer Uniformierung des Unterrichts Vorschub, die ihren deutlichsten Ausdruck in der Gleichförmigkeit der Unterrichtsapparate findet. Was Dumas bereits verurteilte, die Herrschaft der von den Mechanikern construierten Apparate, ist auch heut noch die Regel. Wir dürfen demgegenüber mit Genugthuung darauf hinweisen, dafs die gröfsere Freiheit unseres Unterrichtsbetriebes es uns ermöglicht hat, vieles von dem zu verwirklichen, was ein so hervorragender Forscher wie Dumas als richtig erkannt hat. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Wellentelegraphie. Joh. Härdén veröffentlichte in der *E.T.Z. 21, 272 (1900)* Untersuchungen über die Wirkungsweise des Fritters, bei denen er diesen nebst den Leitungen und der Batterie als einen unterbrochenen ringförmigen Leiter betrachtete, in dem, sobald ihn elektrische Wellen treffen, nach Hertz elektrische Ströme entstehen. Um nach dem Vorgange von Arons (d. Zeitschr. *12, 31; 1899*) die Erscheinungen mit dem Mikroskop beobachten zu können, wandte er einen Fritter mit nur einer Contaktstelle an. Härdéns erste Versuchsanordnung ist in Fig. 1 dargestellt. Ein U-förmiger Kupferbügel *cc* steht in einem mit Wasser gefüllten Trog *g*, um die Temperatur und damit die Länge des Bügels *c* möglichst constant zu halten. Am rechten Ende von *c* ist der Stab a_1 isoliert angebracht, während am anderen Ende der mittels Mikrometerschraube verstellbare Stab *a* sitzt. Die in die einander zugekehrten Enden der beiden Stäbe eingesetzten zugespitzten Platindrähte $b\ b_1$ bilden den Fritter. In dem Trog *g* steht zur Regulierung der Temperatur ein mit Wasser gefülltes Glas *H* mit einem elektrischen Heizwiderstand *i*. Die beiden Platinspitzen hatte Härdén mit mikroskopisch kleinen Kügelchen versehen, indem er die Drähte vor der Anbringung mit dem einen Pole einer Batterie verband, sie in einen mit dem anderen Pole verbundenen Quecksilbernapf eintauchte und den Strom unterbrach. Die in das Gesichtsfeld eines Mikroskops gebrachten Platinkugelspitzen stellte er so ein, dass sie sich gerade berührten. Darauf erwärmte er das Bad etwas, sodass die Kügelchen sich infolge der Ausdehnung des Bügels *c* etwas von einander entfernten. Die Entfernung regulierte er nun so, dass das Galvanometer *L* keinen Ausschlag gab. Liefs man bei einer Entfernung der Kugeln von etwa 0,15 mm elektrische Wellen auf den Fritter fallen, so sah man zwischen den Kugeln lebhafte Funken überspringen, ohne dafs das Galvanometer einen Ausschlag zeigte. Erst als man die Entfernung der Kügelchen auf etwa 0,005 mm verminderte, schlug das Galvanometer beim Überspringen der Funken aus. Da die Einrichtung gegen äufsere Einwirkungen so empfindlich war, dafs man die Entfernung der Kugeln nicht constant erhalten konnte, so bediente sich Härdén bei seinen weiteren Versuchen der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung,

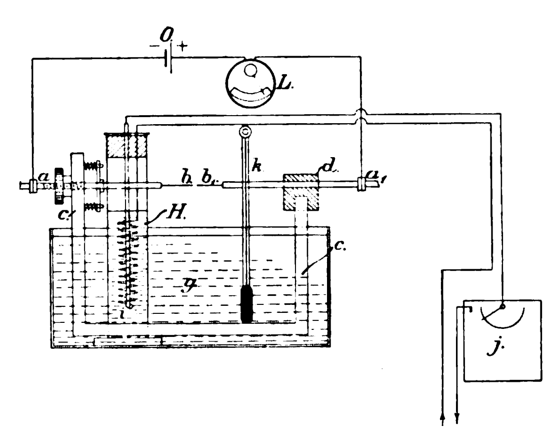


Fig. 1.

die eine sehr feine Einstellung der beiden Spitzen ermöglichte. Diese bestehen hier aus äufserst fein geschliffenen Stahlspitzen bb_1. Die mittels Mikrometerschrauben regulierbaren Halter der beiden Stäbe aa_1 sind auf dem als Grundplatte dienenden Messingrahmen E befestigt.

Die Einrichtung des Senders ist in Fig. 3 abgebildet. A ist der Funkeninduktor, der aus dem Beleuchtungsnetz (120 V) gespeist wurde. S ist ein Wehneltscher Unterbrecher. Wegen der ziemlich geringen Selbstinduktion der primären Induktorwickelung war eine Spule B mit erheblicher Selbstinduktion in den Stromkreis eingeschaltet. Es wurde zwar hierdurch ein ziemlich regelmäfsiges Arbeiten des Wehneltschen Unterbrechers erzielt, doch war es unmöglich, die Stromstärke in dem erforderlichen Mafse zu steigern. Es wurde deshalb ein gewöhnlicher von dem Element R betriebener Quecksilberunterbrecher V mit kurzer Unterbrechungs- und langer Stromschlufszeit parallel zur Spule B geschaltet. Da es vorteilhaft war, mit ziemlich langen Wellen zu arbeiten, wurden bei dem Strahlapparat die beiden grofsen Ladungstafeln LL von ziemlicher Kapazität an die sekundären Pole angeschlossen und zwischen diesen und dem Strahlapparat die 2 kleinen als Funkenstrecken dienenden Unterbrechungsstellen gg eingesetzt. Der Schlüssel ist in der Zeichnung weggelassen. Der Strahlapparat befand sich in der Brennlinie eines parabolischen Spiegels.

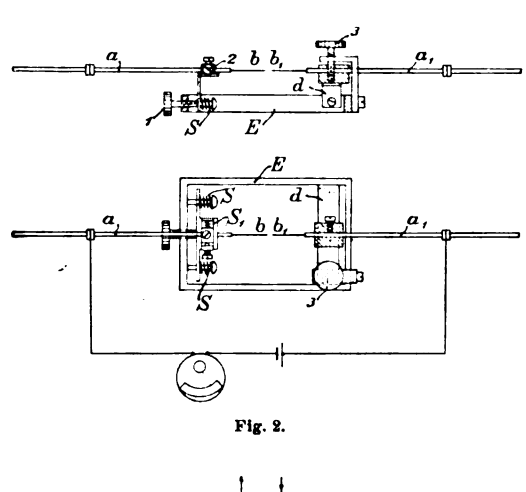


Fig. 2.

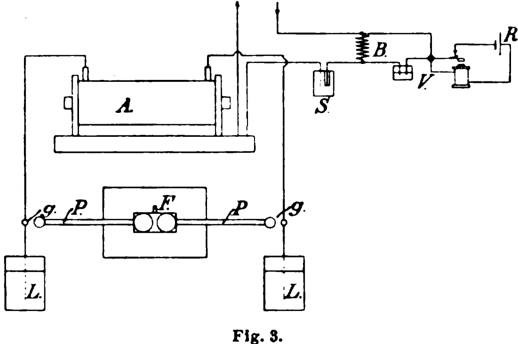


Fig. 3.

Unter der Einwirkung elektrischer Wellen begannen bei 0,3 mm Abstand der Fritterspitzen Funken überzuspringen, ohne dafs das Galvanometer ausschlug. Näherte Härdén die Spitzen, so wurden die Funken lebhafter, bis bei einer Entfernung von 0,006 mm, die er mittels einer im Okular angebrachten Mikrometerskala mafs, sich plötzlich eine deutliche dunkle Brücke zwischen den Spitzen bildete. Hierbei beobachtete er bei genügender Vergröfserung (etwa 300), wie beim Übergang der Funken sich kleine Metallteile von der einen Spitze ablösten und zur anderen hinübergingen. Zur besseren Beobachtung stellte er den Fritter so, dafs er den Funken ohne gar zu hellen Glanz auf einem hellen Hintergrund, z. B. einem weifsen Blatt Papier, sah. In dem Augenblick, wo die Brücke entstand, hörte jede Lichterscheinung zwischen den Spitzen auf und das Galvanometer zeigte einen kräftigen Ausschlag von etwa 150 Milliampère. Sobald man dagegen die Stahlspitzen leise erschütterte, wurde die Brücke dazwischen zerstört und das Galvanometer ging sofort auf Null zurück. Die Versuche zeigen übrigens, dafs es bei der Wirkung des Fritters hauptsächlich darauf ankommt, die Unterbrechungsstellen möglichst klein zu machen.

Tommasina (vergl. d. Zeitschr. *12*, *304*; *1899*) hat einen Fritter erfunden, der den Strom sofort unterbricht, sobald er nicht mehr den Wirkungen elektrischer Wellen ausgesetzt ist. Der neue Fritter (*E.T.Z. 21*, *492*; *1900*) besteht aus einer Ebonitplatte mit einem Loch von 2 mm Durchmesser, das beiderseits mit einer Glimmerplatte verschlossen ist. Der Hohlraum ist mit Kohlenpulver gefüllt, wie es in den Mikrophonen der schweizer Fernsprechanlagen

benutzt wird. Von beiden Seiten ragt je ein Neusilberdraht in das Pulver hinein, deren innere Enden etwa 1 mm von einander entfernt sind. Tommasina verwendet diese Fritter in Verbindung mit einem Fernhörer und einem Trockenelement als Empfänger. Sobald elektrische Wellen den Fritter treffen, hört man im Fernhörer ein deutliches Knacken und ebenso, wenn die elektrischen Wellen aufhören.

W. A. Nippoldt machte in einem Vortrage über Wellentelegraphie nach dem System Schäfer einige Mitteilungen über den Empfänger von Schäfer. (*E.T.Z. 21. 492; 1900.*) Der Widerstand der Spalten in der Metallbelegung, der für gewöhnlich 50 Ohm sei, steige bei der elektrischen Bestrahlung auf 5000 Ohm. Die Ursache dieser Widerstandszunahme sei noch nicht klar erkannt. Im lufterfüllten Raum ist die Empfindlichkeit von der Luftfeuchtigkeit abhängig, in der Luftleere dagegen vollständig unveränderlich. Durch diese Entdeckung gelang es, die Vorrichtung wesentlich zu verbessern. Der Metallbelag wird jetzt aus Silber statt aus Stanniol hergestellt und durch einen oder mehrere Schnitte mit einem scharfen Messer in Streifen zerlegt. Die Summe aller Schnittbreiten beträgt dabei nur wenige Hundertstel eines Millimeters. Die Empfindlichkeit nimmt bis zu einem gewissen Grade mit der Breite und der Anzahl der Schnitte zu. Bei den Versuchen am Adriatischen Meere wurden als Wellenerzeuger ein Ruhmkorff von 30 cm Schlagweite und eine 20 m hohe Luftleitung angewandt: ein ebenso hoher Auffangedraht gehörte zur Empfangsstation. Bei diesen Versuchen wurde eine sichere telegraphische Verständigung bis auf etwa 100 km Entfernung erzielt.

Im Elektrotechnischen Verein zu Berlin führte Prof. Strecker (*E.T.Z. 21*, *492*; *1900*) einen Versuch vor, um die Anwendung der Zicklerschen Lichttelegraphie (d. Zeitschr. *12. 43*, *1899*) zu zeigen. Er hatte die übliche Anordnung etwas abgeändert. Der die ultravioletten Strahlen aussendende Lichtbogen stand wagerecht, um die starke Wärmeentwicklung weniger lästig zu machen, die Kohlen waren 16 mm stark und die Bogenlänge betrug etwa 10 mm. Die Lampe war mit einem Vorschaltewiderstand von 5 Ohm auf 220 V geschaltet; der Strom betrug 25 A. Hinter dem Lichtbogen war ein Hohlspiegel von 30 cm Durchmesser angebracht, der die Strahlen zu einem nahezu parallelen Bündel vereinigte. Zur Beseitigung des ultravioletten Lichtes diente eine 8 mm dicke Glasplatte. Die empfangende Funkenstrecke war im Brennpunkt eines grofsen Hohlspiegels (45 cm Durchmesser) in freier Luft angebracht und bestand aus Kugel und schlanker Spitze (2 mm Funkenweite). Das ganz kleine Induktorium hatte einen gewöhnlichen Federunterbrecher, die 7,5 mm lange Spule war 5 cm dick. In die Nähe der Funkenstrecke führte ein frei in der Luft endigender Draht, der mit einer daneben aufgestellten Marconischen Einrichtung für Funkentelegraphie verbunden war, die auf eine Klingel geschaltet, um die Zeichen hörbar zu machen. Hiermit liessen sich Zeichen auf die gröfste im Saale verfügbare Entfernung (23 m) zuverlässig geben. Dabei war der gröfste Teil des Strahlenkegels durch eine Blende von 12 cm Öffnung abgeblendet, um eine leichtere Glasscheibe benutzen zu können. Im Anschlufs an die Vorführung machte Herr Jul. H. West auf eine andere aber einfachere Lichttelegraphie aufmerksam, die wie die Zicklersche geheim ist. Der Sender besteht aus einer starken Lichtquelle und einer Quarzplatte und die Empfangseinrichtung lediglich aus dem durch eine Quarzplatte geschützten Auge des Beobachters. Um Zeichen zu geben, braucht man nur entsprechend den Morsezeichen die Quarzplatte des Senders absatzweise um jedesmal 90° zu drehen. Da die Quarzplatte das Licht polarisiert, so sieht der Beobachter bei der einen Stellung der ersten Quarzplatte deutlich die Lichtquelle, bei der anderen Stellung dagegen nichts. Das unbewaffnete Auge dagegen kann die Zeichen nicht beobachten, sodafs die Übertragung geheim ist. Diese Einrichtung ist einfacher und leistungsfähiger als die Zicklersche, diese hat nur den Vorzug, dafs sie jederzeit ein Anrufen gestattet.

H.-M.



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Geometrisch-optische Täuschungen. Eine Raumästhetik von Th. Lipps, Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1898.

Vor zwei Jahren hat Professor Lipps in München ein Werk über „Raumästhetik“ geschrieben, in welchem ein Gedanke weiter ausgeführt wird, den der Verfasser zuerst aus Anlafs des 70. Geburtstages von Hermann Helmholtz in einer psychologischen Festschrift dargelegt hatte. Der Gedanke ist der, dafs der optische und der ästhetische Eindruck, den wir von geometrischen Formen gewinnen, nur zwei Seiten einer und derselben Sache seien und ihre gemeinsame Wurzel haben in Vorstellungen von mechanischen Thätigkeiten. Aus diesem Gedanken werden in systematischer Weise die geometrisch-optischen Täuschungen abgeleitet. Eine grofse Reihe von Zeichnungen sind in den Text eingestreut und vom Verfasser verschiedenen Personen vorgelegt worden. Die Meisten trafen sofort das von ihm selber als richtig Erkannte. Andere waren wohl, weil sie geübt und im Stande waren, gewisse modifizierende Nebenvorstellungen zurückzudrängen, im Urteil unsicher. Daher sind nach dem Verfasser geschickte Zeichner und Künstler keine guten Versuchsobjekte — ein Schlufs, der völlig mit dem übereinstimmt, was Helmholtz vom Künstler fordert, dafs er das kenne, was den Beschauer täuscht.

Allgemein sind ja die Täuschungen über Distanzen — die beim militärischen Entfernungsschätzen auch eine praktische Bedeutung erlangt haben —, sowie die besonders von Zöllner beschriebenen und sowohl in manche Lehrbücher der Physik, als auch in Unterhaltungszeitschriften übergegangenen sogenannten pseudoskopischen Erscheinungen bekannt. Es sind auch Regeln über einzelne Täuschungsgruppen aufgestellt und durch Zurückführung auf allgemeinere Thatsachen ist Manches erklärt. Hier, bei Lipps, wird aber zum ersten Male der Versuch gemacht, unter bedeutender Erweiterung und systematischer Anordnung des Thatsachenmaterials aus einem einzigen Prinzip heraus alle Erscheinungen zu erklären. Eine quantitative Bestimmung freilich bezüglich des Verhältnisses zwischen der psychischen Energie der Betrachtungsweise und ihrer optischen Wirkung liefs sich nicht aufstellen. Insofern allerdings die „ästhetische Mechanik“ mathematischen Gesetzen unterliegt, mufs „die in den schönen geometrischen Formen frei sich verwirklichende mechanische Gesetzmässigkeit sich auch auf eine Formel bringen lassen“, ebenso wie jede Abweichung von dieser Gesetzmässigkeit. Die in den Formeln befindlichen Grössen sind Kräftefunktionen und mit ihrem numerischen Werte steigt und sinkt nach bestimmbaren Gesetzen ihre psychische und optische Wirkung. Es wäre eine dankbare Aufgabe der Mathematik, solche Gröfsenbezeichnungen aufzufinden.

Die Untersuchungen von Lipps betreffen also ein Thatsachengebiet, auf welchem die Feinheit und sichere Gesetzmässigkeit des psychologischen Mechanismus, der eben durch diese Erscheinungen über den Begriff eines Mechanismus hinauszuwachsen scheint, besonders hervortritt und sich mit Händen greifen läfst. Der Verfasser zeigt zuerst, wie wir die dorische Säule zum Gegenstande einer mechanischen Deutung machen, in dem wir das Geschehen aufser uns nach Analogie des Geschehens in uns oder nach Analogie unseres persönlichen Erlebens betrachten. Mit der Wahrnehmung der Säule ist unmittelbar diese unserer Thätigkeit verbunden, welche an die unmittelbare Freude der Wahrnehmung das Gefühl der Sympathie knüpft. Somit überschätzen wir die Höhe und unterschätzen die Breite der Säule, welche für unser Gefühl der Schwere entgegenarbeitet. So geben die optischen Täuschungen am Säulenbau ein eigenes inneres Leben dieses Baues wieder: wir fassen ihn auf als Einheit und Persönlichkeit, die eine Geschichte erlebt. Nicht der rohe Block ist krafterfüllt und lebendig, sondern die geometrische Form macht ihn erst dazu. So sind Architektur, Keramik, Skulptur, Raumkünste. Wie es aber in der Dichtkunst neben dem Drama ein Epos und eine Lyrik giebt, in welcher die Sprachform allein der sinnliche Träger ist, so können die genannten Künste auch durch das Ornament in abstrakter Weise reden und darstellen. Die einzelnen, schönen, geometrischen Formen sind Symbole, vergleichbar den Worten der Sprache und wie der ganze Reichtum der letzteren schliefslich durch Combination von 24 Buchstaben sich entfaltet und bildet, so enthalten die Combinationen weniger geometrischer Grundformen die ganze Schönheit aller Baustyle, Ornamente und Skulpturen. Stilisierung ist nach Lipps Loslösung der geometrischen Formen aus ihrem concreten Wirklichkeitszusammenhange. Es wird dann ihr allgemeines Bildungsgesetz für sich zur Anschauung gebracht und damit aus der Sphäre der blofs gewohnten Wirkungsweise in diejenige der mechanischen Gesetzmäfsigkeit erhoben. So könnte man jede geometrische Form schliefslich stilisierte Natur nennen.

Wie wir ein Sprachgefühl haben, so auch ein solches für mechanische Vorgänge in der Natur und in den Kunstwerken. Nun bedingt die Forderung des Gleichgewichts, dafs jeder thätigen, aus

der Form herausgelesenen Tendenz eine Gegentendenz entspricht, so dafs das Gleichgewicht ein Resultat der Thätigkeit ist. So erklärt Lipps den unteren Wulst der ionischen Säule. Die Gegentendenz kann aber auch als beständig wirkender Widerstand auftreten, an dessen Überwindung sich die Kraft verzehrt, wie bei den gothischen Spitzen, in denen die vertikale Thätigkeit des ganzen Baues zu verklingen scheint. Zur Erklärung der optischen Täuschungen ist nun wichtig die Beantwortung der Frage, welches die primären Tendenzen, und welches die sekundären Gegentendenzen sind. Da unterscheidet der Verfasser zunächst begrenzende Thätigkeit der geometrischen Form und als sekundäre dazu die Ausdehnungstendenz, welche das Gleichgewicht herzustellen sich bemüht. Auf dem Spiel dieser Kräfte beruht z. B. die Täuschung, dafs Kühe im niedrigen Stall gröfser erscheinen. Ein zweiter Gegensatz ist der Begriff der Schwere und der der vertikalen Ausdehnung. Hierbei ist die Ausdehnungstendenz immer das Primäre und die ihr entgegenwirkende Schwere das Sekundäre. Auch auf dem Wettstreit dieser Thätigkeiten beruht eine grofse Anzahl von Täuschungen. Endlich haben wir noch als dritten Gegensatz den Fortgang in gleicher Richtung und die primär wirkende, entgegengesetzte, ablenkende Thätigkeit. Diese Tendenz der Form, der vertikalen Ausdehnung und der Richtungsänderung sind einzeln oder in Verbindung und Conkurrenz mit einander in den conkreten Fällen optisch-geometrischer Täuschungen wirksam. Die in der primären Tendenz liegende Nötigung führt die optische Täuschung herbei, welche dann allmählich durch Entwicklung der sekundären Tendenz gehemmt wird. Die Täuschungen sind demnach Urteilstäuschungen.

Die Lektüre des Werkes wird für jeden Lehrer der Mathematik und Physik gewinnbringend sein und ihm mannigfache Anregungen geben. Besonders wichtige und einfache Täuschungen wird man auch dem Schüler nicht vorenthalten, der vielleicht sogar hie und da den Grund derselben ausfindig macht, nachdem der Lehrer an einigen typischen Beispielen die drei Haupttendenzen erklärt hat. Manches kann auch im Zeichenunterricht bei Besprechung der Baustyle verwendet werden.

W. Grosse. Bremen.

Grundrifs einer Geschichte der Naturwissenschaften. Zugleich eine Einführung in das Studium der grundlegenden naturwissenschaftlichen Litteratur. Von Dr. Friedrich Dannemann. II. Band. Die Entwicklung der Naturwissenschaften. Mit 76 Abbildungen zum gröfsten Teil in Wiedergabe nach Originalwerken und einer Spektraltafel. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1898. 435 S. M. 9.—, geb. M. 10.50.

Während der erste Band dieses Werkes (vgl. d. Zeitschr. *X 262*) eine Reihe von Abschnitten aus den Werken hervorragender Naturforscher brachte, die mit grofsem Geschick ausgewählt und vortrefflich commentirt belehrende Einblicke in die Werkstätte der Forschung thun liefsen, bringt der zweite eine in grofsen Zügen entworfene Geschichte der Naturwissenschaften. Auch hier hat der Verfasser in der Auswahl aus der ungeheuren Stoffmenge wieder eine glückliche Hand bewiesen und es verstanden auf einem knapp bemessenen Raume den wichtigsten Stadien in der Entwicklung der exakten Wissenschaften gerecht zu werden. Dafs hierbei dem Altertume und dem Mittelalter ein viel bescheidenerer Platz zugewiesen wurde als den folgenden Zeiten grofser Entdeckungen und Erfindungen liegt in der Natur der Sache.

Die einzelnen Abschnitte sind zumeist so angelegt, dafs die Entwicklung der Mathematik und Astronomie vorangestellt werden, dann Physik und Chemie folgen, worauf die Fortschritte in Geologie, Mineralogie, Botanik und Zoologie den Schlufs bilden. Nur für die neueste Zeit weicht der Verfasser von dieser Anordnung ab und stellt aus guten Gründen die chemischen Entdeckungen an die Spitze des Abschnittes. Ein Ausblick auf die Aufgaben und Ziele der Zukunft krönt das Ganze.

Im Eingange hat es mich befremdet, dafs bei der Aufzählung der alten Kulturvölker der Chinesen nicht Erwähnung gethan wurde. Es scheint, dafs man ihre Kultur und deren Alter nun eben so sehr unterschätzt, als man sie früher überschätzt hatte. Dafs Ellipse, Hyperbel und Parabel durch die Schnitte einer Ebene mit einem Kegelmantel erzeugt worden, ist ebenso wie die Existenz der Asymptoten bei der Hyperbel keine Entdeckung des Apollonius; beides war schon Menächmus im vierten Jahrhundert v. Ch. bekannt. Die bei Lucretius erwähnte Kette magnetischer Ringe war bereits Plato bekannt, welcher sie in seinem Dialoge Ion zu einer geistreichen Parallele zwischen magnetischen und geistigen Einwirkungen benützt. Seite 41 heifst es bei Erwähnung der an Bernstein entdeckten Reibungselektrizität: „An andern Substanzen scheinen die Alten jene Eigenschaft nicht bemerkt zu haben.“ Nun erwähnt aber Theophrastus der Eresier in seinem Buche über die Steine einen Edelstein Lynkurion, der durch Reiben elektrisch wird. Auf S. 34 wird gesagt, dafs das Grabmal des Archimedes ohne Inschrift gewesen sei. Es heifst aber in der vom Verfasser citirten Stelle aus den Quaestiones Tusculanae Ciceros, der auf die Entdeckung dieses Grabmales sehr stolz war: „Adparebat epigramma exesis posterioribus partibus versiculorum dimidiatis fere.“ — Unrichtig ist es auch, wenn S. 20 gesagt wird, die Sonne beschreibe zu Syene einen auf dem Horizonte senk-



rechten Kreis. Dies ist nur unter dem Äquator der Fall. Syene aber liegt (nahezu) unter dem Wendekreise. Der Druckfehlerteufel hat S. 209, 210 und im Register die Schreibung „Richet“ verschuldet, während S. 253 der Name in der richtigen Schreibweise (Richer) erscheint. Bei der Erwähnung der Beobachtung der Sonnenflecken durch Galilei hätte erwähnt werden sollen, dafs die verschiedenen Bahnformen, welche diese Gebilde, von verschiedenen Stellen der Erdbahn betrachtet, beschreiben, einen direkten Beweis für den Lauf der Erde um die Sonne bilden, eine Entdeckung, deren Tragweite Galilei sehr wohl kannte.

Diese Ausstellungen sollen natürlich in keiner Weise den Wert des ausgezeichneten Buches schmälern, das in durchaus wissenschaftlichem Geiste geschrieben ist. Die Darstellung ist nicht nur klar und durchsichtig, sondern auch in hohem Grade anregend und fesselnd, so dafs die Lektüre des Buches einen hohen geistigen Genufs gewährt. Vielfach wird auf die im ersten Bande veröffentlichten Auszüge aus den Originaluntersuchungen sowie auf Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften hingewiesen. Die zahlreichen Citate der Quellen machen das Buch für jeden, der aus den Originalen schöpfen will, zu einer Fundgrube. Ein besonderer Schmuck auch dieses Bandes sind die zahlreichen meist nach den Originalwerken angefertigten Abbildungen. Ein ausführliches Personen-Register sowie ein Sachregister erleichtern die Auffindung einzelner Themen. Das Buch kann sowohl Schülern als Lehrern nicht genug empfohlen werden. *Dr. K. Haas (Wien).*

Die optischen Instrumente der Firma R. Fuefs, deren Beschreibung, Justierung und Anwendung. Von C. Leifs. Mit 233 Holzschnitten im Text und 3 Lichtdrucktafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1899. XIV u. 397 S. 11 M., geb. 12 M.

Die berühmten Fuefsschen Werkstätten haben den meisten deutschen Forschern auf dem Gebiete der physikalischen Krystallographie die zu ihren Untersuchungen erforderlichen optischen Instrumente geliefert, dieses besonders gepflegte engere Arbeitsgebiet aber allmählich auch über seine Grenzen hinaus auf zahlreiche andere optische Apparate ausgedehnt. Der Leiter der 1. Abteilung der Fuefsschen Werkstätten giebt in dem vorliegenden Buche eingehende und vollständige wissenschaftliche Beschreibungen der von der Firma hergestellten optischen Instrumente, denen er sehr dankenswerte Anleitungen für deren Prüfung, Gebrauch und Justierung nebst sorgfältigen Litteraturnachweisen hinzugefügt hat. Wenn auch diese Apparate in erster Linie für die Arbeiten in den Instituten und die Vorträge in den Hörsälen der Hochschulen bestimmt sind, so ist doch ein beträchtlicher Teil davon in hervorragendem Mafse auch für den Unterricht an den höheren Lehranstalten geeignet. Es ist nur sehr zu beklagen, dafs diese zumeist aus Mangel an Mitteln von einer Anschaffung absehen müssen und somit keinen einheimischen Markt für jene ausgezeichneten Erzeugnisse deutschen Gewerbefleisses bilden können. Von den Instrumenten, die für die Vorführungen und Übungen an den höheren Schulen in Betracht kommen, hebe ich besonders hervor: Sénarmonts Apparat zur Demonstration der Schmelzfiguren, Apparat zur Untersuchung der Wärmeleitung in Krystallen nach W. Voigt, pyroelektrischer Apparat nach Kundt, Apparate zur Demonstration der Doppelbrechung durch Biegung, Druck und Erhitzen, Goniometer, Apparate zur Demonstration der Erscheinungen der Doppelbrechung und Polarisation durch Kalkspat, Mikroskope, Lupenmikroskope, Lupen, Heliostaten, Kathetometer, Fühlhebelapparat für Untersuchungen der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme und vor allen die Projektionsapparate und optischen Bänke. Das mit vollster Sachkenntnis geschriebene und trefflich ausgestattete Werk kann zur Anschaffung für die Bibliotheken der Vollanstalten und der damit verbundenen Seminare auf das Wärmste empfohlen werden. *Hahn-Machenheimer.*

Die Lehre vom Licht. Von Ewald Schurig, Seminaroberlehrer. Mit 44 Figuren im Text. Leipzig, Walter Möschke (Möschke & Schliephak) 1898. IV u. 90 S. 1,75 M.

Das Heft ist für Lehrer an Volksschulen geschrieben. Der Verfasser knüpft an die Erfahrungen des Kindes an, die er durch Versuche ergänzt. Nun folgen Erklärungen und die Aufstellung der Gesetze. Zur Vertiefung zieht er verwandte Erscheinungen heran. Das hierbei aufgestellte Nebenziel: „Gleichzeitig sollen die Kinder dabei ahnen lernen, dafs alle unsere Wahrnehmungen durch Bewegung verursacht werden“, kann aber nicht energisch genug zurückgewiesen werden. „Das, was man Erklärung nennt“, sagt der Verfasser, „ist in den meisten Fällen eine einfache Darstellung des Vorganges beim Experiment“. Er hält dies für eine Halbheit, und hat daher den Versuch gemacht, die Erscheinungen des Lichtes unter Anknüpfung an die Lehre von den Atomen und vom Äther „wenigstens einigermafsen“ zu begründen. „Ich habe das Dasein des Äthers gleich im Anfange angenommen, ebenso die Richtigkeit der Wellentheorie des Lichtes, weil der Beweis hierfür über die Volksschule hinausgeht, dann aber versucht, die einfachen Erscheinungen nach dieser Annahme zu erklären.“ Dieser Versuch des Verfassers, die Wellentheorie des Lichtes in den Volksschulunter-



richt einzuführen, ist als vollkommen mifsglückt zu bezeichnen; er hat sich durch seine Arbeit selbst wiederlegt. Für die Erklärung der Erscheinungen der sogenannten geometrischen Optik (sie bildet den wesentlichen Inhalt des Heftes) ist, soweit sie in der Volksschule behandelt werden können, diese Theorie belanglos, man kann daher die Begründungen des Verfassers einfach herausstreichen, ohne den inneren Zusammenhang zu zerstören. An den wenigen Stellen, wo die Wellentheorie zu einer tieferen Auffassung führt, hat sie der Verfasser nicht angewandt. Auf kleinere Fehler in den Thatsachen und in der Anordnung soll hier nicht eingegangen werden. Selbstständigen Wert hat das Heft in einigen sehr einfachen von dem Verfasser selbst ausgedachten Versuchen, die mit Vorteil auch in den Schülerübungen an höheren Lehranstalten ausgeführt werden können. Das wichtigste Werkzeug bei einfachen optischen Versuchen, die Stecknadel, hat jedoch der Verfasser nicht benutzt.

Hahn-Machenheimer.

Die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert. Vortrag, gehalten im Humboldtverein zu Breslau. Von Prof. Dr. Felix B. Ahrens. Stuttgart, F. Enke, 1900. 39 S. M. 1.

Die kleine aber inhaltreiche Schrift läfst in geschickter Anordnung alle wichtigen Erscheinungen des Werdeganges der Chemie im verflossenen Jahrhundert an uns vorüberziehen. Mit besonderer Sorgfalt finden sich die Marksteine der theoretischen Entwicklung gekennzeichnet. Nicht nur die reine Chemie, sondern auch die angewandte wird, zuweilen bis in spezielle technologische Prozesse hinein, verfolgt. Wertvoll ist auch, dafs alle vorkommenden Namengebungen auf ihren ersten Autor zurückgeführt werden, beispielsweise die Ausdrücke Allotropie (Berzelius), kritische Temperatur (Andrews). Ein störender Druckfehler auf S. 9, einatomig statt einwertig, sei beiläufig erwähnt.

O.

Programm-Abhandlungen.

Die Auseinandersetzung zwischen der mechanischen und teleologischen Naturerklärung in ihrer Bedeutung für die Fortentwickelung des religiösen Vorstellens seit dem 16. Jahrhundert. Von Alfred Heubaum. Lessing-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1900. Pr. No. 61. 24 S.

In dieser Abhandlung, die nur ein Fragment bildet, kennzeichnet der Verfasser die naturwissenschaftlichen Voraussetzungen der Neuzeit, die auf Kopernikus, Kepler, Galilei zurückzuführen sind; doch dürfte das Wesen des Naturgesetzes bei diesen dreien weniger mit dem Begriff der Kraft, als unmittelbar mit dem der Notwendigkeit in Zusammenhang zu setzen sein, eine Auffassung, zu der die neueste Physik mit Bewufstsein zurückgekehrt ist. Erst Newton hat dem Kraftbegriff die überwiegende Stellung zugewiesen, die er dann in der mechanischen Weltanschauung einnimmt. Der Verfasser schildert die Bemühungen, das Universum als mechanischen Zusammenhang darzustellen, und dabei doch dies Universum als einen vollendeten Zweckzusammenhang festzuhalten. Er geht insbesondere auf die Anschauungen von Descartes, Spinoza, Giordano Bruno ein. Das Ganze erscheint bei F. Frommann (E. Hauff) in Stuttgart unter dem Titel „Die Theodicee. Ihre geschichtliche Entwicklung seit dem 16. Jahrhundert."

P.

Über die optischen Täuschungen. Von Dr. Karl Beucke. Mit einer Figurentafel. Königstädtisches Gymnasium zu Berlin, Ostern 1900. Pr. No. 59.

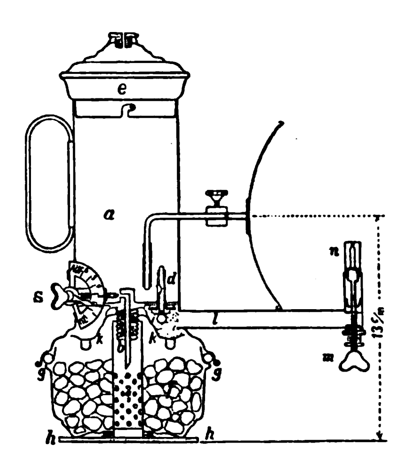
Der Verfasser macht den Versuch, eine schematische Einteilung und Übersicht der wichtigsten optischen Täuschungen zu geben. Nach der für diesen Zweck erforderlichen Abgrenzung des Begriffs der optischen Täuschung, sowie Auseinandersetzungen über das Zustandekommen der Wahrnehmung und der Anschauung des Objekts, werden zunächst solche Täuschungen unterschieden, bei denen die von dem Sinnesorgan gelieferte Wahrnehmung gefälscht ist. Diese eigentlichen Sinnestäuschungen werden als objektive bezeichnet. Ihnen gegenübergestellt werden die subjektiven Täuschungen, die entweder Täuschungen der Wahrnehmung oder solche des Urteils sein können; bei den ersteren findet ein unrichtiges Beziehen der Netzhauterregung auf die äufseren Ursachen statt, bei den letzteren sind Contrasttäuschungen, Entfernungs- und perspektivische Täuschungen, geometrisch-optische Täuschungen und endlich Bewegungstäuschungen zu unterscheiden. Jeder dieser Fälle wird durch Beispiele, z. T. an beigegebenen Figuren erläutert. Insbesondere bei den geometrisch-optischen Täuschungen wird an die neulich von Lipps veröffentlichten Untersuchungen (vergl. ds. Heft S. 297) angeknüpft. Die dankenswerte Abhandlung, die manches Bekannte in neuer Beleuchtung erscheinen läfst, wird jedem Anregung und Belehrung gewähren.

P.

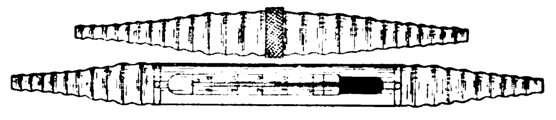


Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine Acetylenlampe für Projektionsapparate haben die Gebr. Mittelstrass zu Magdeburg construiert. (*Deutsche Mech.-Ztg. 1900, S. 36.*) Die nebenstehende Figur stellt die 24 cm hohe Lampe im Durchschnitt dar. Die mit einer Skala versehene Schraube *s* regelt den Zuflufs des Wassers aus dem Behälter *a* in das mit Calciumcarbid gefüllte Gefäss *f*. Das sich nun entwickelnde Gas wird gereinigt und strömt dann zu dem regulierbaren Brenner *n*. Der nach allen Seiten hin verstellbare Reflektor erhöht noch die Leuchtkraft der Lampe, die etwa $1^1/_2$ Stunden mit einer Füllung brennt. Die Lampe, die etwa 150 Kerzen Lichtstärke hat, kostet mit allen Nebenapparaten 30 M. *H.-M*



Ein Universalverbindungsstück für Schläuche, das die Firma C. Richter, Berlin NW., Thurmstr. 4, herstellt, beschreibt F. W. Braun in der *Deutschen Mech.-Ztg. 1900, S. 67.* Wie die Abbildung zeigt, besteht es aus beiderseits sich stufenförmig verjüngenden Schlauchansätzen. Die Stufen, die den Querschnitten der gebräuchlichen Patentschläuche angepasst sind, gestatten ein bequemes und sicheres Verbinden beliebiger Schläuche. Ein in der Mitte übergestreifter Gummiringschützt das Verbindungsstück, das in den verschiedensten Ausführungen hergestellt wird, gegen zu hartes Aufstofsen beim Niederlegen. Auch kann in dem Verbindungsrohr der Schlauchansatzstücke ein Thermometer zentrisch angeordnet werden, um bequem die Temperatur der durchströmenden Flüssigkeit abzulesen. Letzteres Modell wird unmontiert oder mit einem Holzgestell geliefert, das ein Hinhängen und Hinstellen erlaubt. *H.-M.*



Ein vereinfachter Bunsenbrenner nach Allihn wird von der Firma Warmbrunn Quilitz & Co. in Berlin geliefert. Der Brenner ist bereits in der Chemiker-Ztg. 1899, No. 93 beschrieben und unterscheidet sich von der gewöhnlichen Form des Bunsenbrenners dadurch, dafs das Leuchtgas von der Seite zum Brennerrohr zugeführt wird. Der Preis beträgt ohne Fufs M. 0,70, mit Fufs M. 0,80.

Ein elektrischer Kochapparat für den Laboratoriumsgebrauch wird von derselben Firma angezeigt. Er besteht aus einem Chamotte-Heizkörper und einem Dreifufs mit verstellbarem Untersatz. Die Erwärmung wird durch Drahtspiralen bewirkt, die vom Strom zum Glühen gebracht werden. 100 ccm Wasser erfordern 6 Minuten, um zum Sieden zu kommen. Der Preis ist M. 30.

Comprimierter Sauerstoff wird in den Sauerstoffwerken der Firma C. G. Rommenhöller, A.-G., in Herste bei Driburg (Westfalen), nach dem Kafsnerschen Verfahren hergestellt. Über die Darstellung vergleiche man d. Zeitschr. IV 46. Das Verfahren stellt sich bedeutend billiger als das von andern Fabriken angewandte Baryumsuperoxydverfahren und liefert zugleich ein reineres Produkt (96—99% Sauerstoff). Der Preis stellt sich für 1 cbm in eigenen Flaschen auf M. 5, in Leihflaschen auf M. 8, frei ins Haus für Berlin und Vorort, für auswärts frei ab Herste in Westfalen. Das Centralbureau in Berlin befindet sich NW 5, Quitzowstr. 56—58.

Correspondenz.

Berichtigung. In der Abhandlung von Dr. Arnold Schmidt über das Foucaultsche Pendel (Heft 4 S. 206) ist auf S. 210 Z. 13 u. 14 bei $\Delta\, OCD$ und $\Delta\, OCC'$ der Faktor 2 hinzuzufügen.

Auf die Bemerkung des Herrn Professor Adami im Heft IV Seite 246 zu meinem Aufsatze in Heft III S. 129 ff. sei mir, um Mifsversändnisse zu beseitigen, gestattet, folgendes zu erwidern:

Der Teil des Drahtes, durch dessen Auf- und Abbewegung die erdmagnetischen Kraftlinien geschnitten und damit Induktionsströme hervorgerufen werden, ist nicht 12 m, sondern, entsprechend den Dimensionen des Unterrichtszimmers, etwa 4 m lang. Für die Zuleitungen von den in meiner Arbeit auf S. 131 erwähnten, am Experimentiertisch befindlichen Galvanoskop-Klemmen zu den „zwei Punkten etwa des Fufsbodens“, zwischen denen jener Draht von 4 m Länge ausgespannt ist, ist ein Drahtstück von wenigstens 4 m Länge (beiderseits mindestens 2 m) erforderlich und aufserdem müssen die Drahtenden des beim Versuch zu bewegenden Drahtes mit jenen festen Punkten der Leitung am Fufsboden durch Drahtstücke von nahezu je 2 m verbunden sein, damit die Bewegung des zu bewegenden Drahtstückes möglich ist, so dafs ich allerdings für den erwähnten Versuch die Klemmen am Experimentiertisch durch einen Draht von im ganzen wenigstens 12 m Länge verbinden mufs. Ähnlich werden die Verhältnisse immer liegen, wenn die Empfindlichkeit des zur Verfügung stehenden Galvanoskops für diesen Versuch eine Drahtlänge des zu bewegenden Drahtes von 4 m Länge bedingt. Um bei einer Drahtlänge von 80—100 cm die Induktionsströme deutlich zu zeigen, welche durch Scheiden der erdmagnetischen Kraftlinien entstehen, ist mein Reflexgalvanoskop in der That zu wenig empfindlich. *Dr. O. Ehrhardt*. Karlsruhe.

X. Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Berlin. Der Kursus findet vom 3. bis 13. Oktober statt. Es werden folgende Vorträge gehalten werden:

Direktor Dr. Schwalbe: „Über die historische Entwicklung und Bedeutung der naturwissenschaftlichen Ferienkurse“ (Eröffnungvortrag 1 St.). — Professor Dr. Rubens: „Über den Einflufs der verschiedenen Strahlengattungen (Bequerel-Strahlen, Röntgen-Strahlen, ultraviolettes Licht u. s. f.) auf elektrische Entladungen“ 2 St. — Professor Dr. van 'tHoff: „Die Stafsfurter Salzvorkommnisse vom physikalisch-chemischen Standpunkte“ 2—3 St. — Professor Dr. Warburg: „Über magnetische Hysterese.“ 1—2 St. — Dr. Spies: „Über flüssige Luft mit Rücksicht auf ihre Verwendbarheit zu Schulversuchen“ 2 St. — Professor Dr. Poske: „Zur Methodik des physikalischen Unterrichts“ 3—4 St. — Geh.-R. Professor Dr. von Bezold: „Zur Theorie des Erdmagnetismus“ 3 St. — Professor Dr. Szymański: „Schulversuche über elektrische Wellen“ 3—4 St. — Geh.-R. Professor Dr. Slaby: „Die Telegraphie ohne Draht, mit Demonstrationen“ 2 St. — Geh.-R. Professor Dr. Schwendener: a) „Die Flugapparate der Früchte und Samen“, b) „Das Winden und Klettern der Pflanzen“ 2 St. — Geh.-R. Professor Dr. Möbius: „Bau und Lebensweise der Cetaceen unter Erklärung der in der Schausammlung des Museums für Naturkunde aufgestellten anatomischen und biologischen Präparate“ 2 St. — Professor Dr. Wahnschaffe: „Über die Endmoräne Norddeutschlands“ 1 St. — Dr. Potonié: „Über die durch Pflanzenfossile gegebenen Belege für die fortschreitende, höhere Organisation der Pflanze“ 1—2 St.

Besichtigungen der im Dorotheenstädtischen R.-G. veranstalteten Ausstellung botanischer, zoologischer und geographischer Lehrmittel; der Schulsammlungen des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums; des physikalischen, elektotechnischen und maschinentechnischen Laboratoriums der Königlichen technischen Hochschule zu Charlottenburg; der mechanisch-technischen Versuchsanstalt sowie der physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg; des neuen chemischen Instituts der Universität; der alten Urania (Invalidenstrafse 57—62) und der daselbst für physikalische und biologische Kurse getroffenen Veranstaltungen; des Museums für Naturkunde; der Königlichen Bergakademie und geologischen Landesanstalt, u. a.

Den Schlufs bildet eine $1\frac{1}{2}$ tägige geologische Exkursion nach Feldberg in Mecklenburg unter Führung des Königlichen Landesgeologen Professors Dr. Wahnschaffe.

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Frankfurt a. M. Der Kursus findet statt in der Zeit von Montag den 1. bis Samstag den 13. Oktober und umfafst:

1. Physikalische Vorlesungen: Dr. H. Th. Simon, Neuere physikalische Demonstrationen über strahlende Energie und ihre Gesetze (4 St.); Lichtelektrische Erscheinungen und Ionenleitung in Gasen (4 St.); Entwicklung der Induktionsapparate und Stromunterbrecher (2 St.); Vorführung neuerer Modelle und Schulversuche (2 St.). — 2. Elektrotechnische Vorlesungen: Dr. C. Déguisne, Elemente der Wechselstromtechnik (7×2 St.). Ingenieur Eugen Hartmann, Über die den elektrischen Strommessern zu Grunde liegenden Constructionsprinzipien (4 St.). — 3. Chemische Vorlesungen: Professor Dr. M. Freund, Über die neueren physikalisch-chemischen Theorien; van t'Hoffs Theorie der Lösungen; Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius; osmotische Theorie des Stromes der Voltaschen Ketten (6 St.); Über die Entdeckung neuer Elemente im letzten Jahr-



zehnt (2 St.). Professor Dr. Le Blanc, Elektrische Endosmose und verwandte Erscheinungen (1 St.); Über die Bildungsgeschwindigkeit von Ionen (1 St.). — 4. Einleitende Besprechung der Exkursionen von den betreffenden Herren Dozenten. — Herr Oberlehrer Dr. Schauf, Chemische und physikalische Beschaffenheit der Laven. Oberflächenstruktur der Ströme. Die Steinheimer Anamesitdecken (1 St.). — 5. Elektrotechnisches Praktikum, Herr Dr. C. Déguisne. — 6. Exkursionen. Geologische Exkursionen nach Klein-Steinheim und Dittersheim. Ferner Besichtigungen von Gold- und Silberscheideanstalt, Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun, Werke der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Co. u. a. — 7. 2 Stunden bleiben frei für Mitteilungen und Demonstrationen der Teilnehmer. Zu weiterer Auskunft sind Realschuldirektor Dr. Paul Bode und Oberlehrer Dr. Wilhelm Boller bereit.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung und der Anfangsgründe der analytischen Geometrie, übers. von Prof. Dr. G. C. Schmidt. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900, M. 10. — **Heinr. Weber,** Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, nach Riemanns Vorlesungen in 4. Aufl. neu bearbeitet. I. Band. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **J. J. Thomson,** Die Entladung der Elektrizität durch Gase, aus d. Engl. übersetzt von Dr. P. Ewers, mit Vorwort von Dr. H. Ebert. 41 Textfiguren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, M. 4,50. — **W. L. Hardin,** Die Verflüssigung der Gase, geschichtlich entwickelt, übersetzt von Dr. J. Traube. Mit 42 Abb. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 6. — **Ostwalds Klassiker,** No. 110: J. van't Hoff, Die Gesetze des chemischen Gleichgewichts. M. 1,60. — No. 111: N. H. Abel, Abhandlung über eine besondere Klasse algebraisch auflösbarer Gleichungen. M. 0,90. — No. 112: A. L. Cauchy, Abhandlung über bestimmte Integrale zwischen imaginären Grenzen. M. 1,25. — No. 113: Lagrange und Cauchy, Zwei Abhandlungen zur Theorie der partiellen Differential-Gleichungen 1. Ordnung, M. 1. — **W. Nernst,** Theoretische Chemie, 3. Aufl. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 16. — **L. Duparc, E. Degrange, A. Monnier,** Traité de chimie analytique qualitative, Genève (H. Kundig), Paris (F. Alcan), 1900. — **J. Biehringer,** Einführung in die Stöchiometrie, für Studierende und Chemiker, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **G. W. A. Kahlbaum,** Friedr. Wöhler, Ein Jugendbildnis in Briefen an H. v. Meyer. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. M. 2,40. — **E. Dreher,** Die Grundlagen der exakten Naturwissenschaft im Lichte der Kritik. Mit dem Bildnis des Verf., einer Biographie und einem Anhang. Dresden, Apollo-Verl., 1900. — **F. Klein** und **E. Riecke,** Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **Ad. Wernicke,** Lehrbuch der Mechanik, in elementarer Darstellung, mit Anwendungen und Übungen. I. Mechanik fester Körper von Dr. Alex Wernicke, 4. umgearb. Auflage, 1. Abteilung. II. Flüssigkeiten und Gase, von Rich. Vater, 3. umgearb. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **Körner,** Lehrbuch der Physik. Für höhere Lehranstalten bearb. von Dr. Alb. Richter (Wandsbek), Leipzig u. Wien, Franz Deuticke, geb. M. 6. — **E. Mach,** Grundrifs der Naturlehre f. d. unteren Klassen der Mittelschulen, Ausg. für Realschulen von Dr. K. Habart, 3. Aufl. Wien und Prag, F. Tempsky, 1900, geb. Kr. 2,30. — **F. v. Hemmelmayr** u. **K. Brunner,** Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für die 4. Klasse der Realschulen. Wien und Prag, F. Tempsky, 1900, geb. Kr. 2,40. — **J. Rufsner,** Elementare Experimentalphysik für höhere Lehranstalten. I. Teil, Mechanik fester Körper. Hannover, Gebr. Jänecke, 1900. M. 3,60. — **E. Jochmann,** Grundriss der Experimentalphysik und Elemente der Chemie u. s. w. 14. vollständig neu bearbeitete Auflage, herausgeg. von O. Hermes und P. Spies. Berlin, Winckelmann & Söhne, 1900. — K. Koppe, Anfangsgründe der Physik, Ausg. B. I. Teil: Vorbereitender Lehrgang. 24. Auflage. II. Teil: Hauptlehrgang, 22. Auflage, bearbeitet von A. Husmann. Essen, G. D. Bädeker, 1900. — **J. M. Eder,** Jahrbuch der Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1900. XIV. Jahrgang, mit 260 Abbild. und 34 Kunstbeilagen. Halle a. S. Wilhelm Knapp, 1900. M. 8. —

Sonderabdrücke: Die Mondphasen und das Osterfest im Jahrhundert „19". Von M. Koppe. S. A. Himmel und Erde, 1900. — Die Zonenplatte von Soret und die Phasenumkehrplatte von Wood als Ersatz der Linse; Anwendungen derselben in der Photographie von L. Pfaundler. S. A. Eders Jahrbuch, 1900.



Himmelserscheinungen im Oktober und November 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Oktober						November						
Monatstag	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Helio-centrische Längen.	234°	248	261	275	290	306	323	343	6	33	64	95	☿
	63	71	79	87	95	103	111	119	127	135	144	152	♀
	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	♁
	88	90	93	95	98	100	102	105	107	109	112	114	♂
	256	257	257	257	258	258	259	259	259	260	260	261	♃
	275	275	275	275	275	276	276	276	276	276	276	276	♄
Aufst. Knoten.	245	244	244	244	244	243	243	243	243	242	242	242	☾
Mittl. Länge.	293	359	65	131	197	263	329	35	101	166	232	298	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	287	356	71	138	194	256	323	34	109	168	226	294	☾
	201	208	215	221	228	234	239	243	244	241	234	229	☿
	146	151	156	162	167	172	178	183	189	194	200	206	♀
	188	193	197	202	207	211	216	221	226	231	236	242	☉
	126	129	132	135	137	140	143	145	148	150	152	154	♂
	245	246	247	248	249	250	251	252	253	255	256	257	♃
	269	269	270	270	270	271	271	272	272	273	273	274	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	— 19	+ 3	+ 21	+ 11	— 10	— 21	— 9	+ 16	+ 19	— 0	— 19	— 18	☾
	— 9	— 12	— 15	— 18	— 20	— 22	— 23	— 24	— 23	— 22	— 18	— 16	☿
	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	— 2	— 4	— 6	— 9	♀
	— 3	— 5	— 7	— 9	— 11	— 13	— 14	— 16	— 17	— 19	— 20	— 21	☉
	+ 21	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 17	+ 16	+ 16	+ 15	+ 14	+ 14	+ 10	♂
	— 21	— 21	— 21	— 21	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 23	♃
	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	♄
Aufgang.	18h 5m	18.14	18.23	18.32	18.41	18.50	18.59	19.9	19.18	19.27	19.36	19.44	☉
	2h 17m	4.31	7.38	13.8	18.38	23.35	1.44	3.54	8.36	14.15	19.42	23.23	☾
Untergang.	5h 34m	5.23	5.11	5.0	4.49	4.39	4.29	4.20	4.12	4.4	3.58	3.52	☉
	11h 7m	18.2	24.18	2.29	4.2	6.51	12.44	19.43	24.6	1.30	3.23	7.59	☾
Zeitglchg.	— 10m 33s	— 12.3	— 13.24	— 14.32	— 15.25	— 16.1	— 16.19	— 16.17	— 15.55	— 15.11	— 14.5	— 12.40	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Oktober	1	10h	11m	Erstes Viertel
	7	19		Mond in Erdnähe
	8	2	18	Vollmond
	14	22	51	Letztes Viertel
	20	20		Mond in Erdferne
	23	2	27	Neumond
	23	21	18	Erstes Viertel
November	5	5h		Mond in Erdnähe
	6	12	0m	Vollmond
	13	15	38	Letztes Viertel
	17	8		Mond in Erdferne
	21	20	17	Neumond
	29	6	35	Erstes Viertel

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Okt. 16	20h 35m	14.14	11.29	22.51	0.30
	Nov. 15	20. 32	15.33	10.58	21.25	22.43
Untergang der Planeten.	Okt. 16	5. 29	3.54	3.7	6.54	8.13
	Nov. 15	4. 28	3.1	1.44	5.16	6.26

Constellationen. Oktober 9 23h ☿ im Aphelium; 16 17h ♂ ☌ ☾; 19 8h ♀ ☌ ☾; 25 4h ☿ ☌ ☾; 26 13h ♄ ☌ ☾; 28 2h ♄ ☌ ☾; 29 17h ☿ in gröſster östlicher Elongation von 24°. — November 12 19h ♀ im Perihel; 14 6h ♂ ☌ ☾; 18 14h ♀ ☌ ☾; 20 1h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 21 20h ♂ □ ☉; 21 ringförmige Sonnenfinsternis, in Europa unsichtbar; 22 22h ☿ im Perihel; 23 6h ♃ ☌ ☾; 24 13h ♄ ☌ ☾.

Jupitermonde. Oktober 22 5h 51m III A; nur unter sehr günstigen Umständen zu beobachten; 30 5h 4m I A, desgleichen. Im Übrigen sind in dieser Zeit wegen der nahen Konjunktion (Nov. 23) keine Beobachtungen an den ♃-Satelliten zu machen.

Veränderliche Sterne. Die Beobachtungsbedingungen sind, vom Wetter abgesehen, im ganzen nicht ungünstig, da fast alle helleren Veränderlichen zu bequemen Stunden in geeigneter Höhe stehen. Vergleiche die vorigen Notizen mit Rücksicht auf die Acceleration. Algols-Minima treten ein Okt. 6 16h, 9 13h, 12 10h, 15 6h, 26 18h, 29 14h; Nov. 1 11h, 4 8h, 7 5h, 15 19h, 18 16h, 21 13h, 24 10h, 27 7h.

Meteore und Zodiakallicht. Das Zodiakallicht ist an den mondfreien Morgen im Oktober gegen 16h am Osthimmel aufzufinden. Die Sichtbarkeit des Oktoberschwarmes der Sternschnuppen wird durch Abwesenheit des Mondlichtes begünstigt. Ob die Leoniden (Nov. 14—16) und Andromediden (Nov. 23) reichlich ausfallen, ist noch nicht zu sagen. *J. Plaſsmann, Münster.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang. **Sechstes Heft.** November 1900.

Bemerkungen über den physikalischen Unterricht in Frankreich[1]).

Von
F. Poske.

1. Um den physikalischen Unterricht in Frankreich richtig zu beurteilen, mufs man den heutigen Zustand des französischen Unterrichtswesens überhaupt in Betracht ziehen. Aus den Berichten über die Untersuchungen, die in neuerer Zeit in Frankreich selbst hierüber angestellt worden sind, klingt ein Notschrei hervor, der sich kurz so formulieren läfst: Zu viel Centralisation, zu wenig Freiheit! Eine Warnung für andere Staaten, diesem Beispiel nicht zu folgen. Insbesondere drückt auf den Betrieb des Unterrichts die Baccalaureatsprüfung, die den Abschlufs der Studien auf den Lyceen und Collèges bildet. Sie liegt nicht in den Händen der unterrichtenden Lehrer, sondern wird vor einer centralen Prüfungskommission abgelegt. Es ist begreiflich, dafs für eine solche Prüfung eine erhebliche Gedächtnisarbeit geleistet werden mufs, und dafs gerade im Hinblick hierauf für den Unterricht auf den höheren Schulen „*plus de liberté dans les méthodes*“ gefordert wird; denn der Zwang zu gedächtnismäfsiger Aneignung des Stoffes hemmt naturgemäfs die Freiheit der methodischen Behandlung.

Ein zweites und sehr gewichtiges Hindernis der freien und gedeihlichen Entwicklung des Unterrichts ist der allgemeine Wettbewerb, der *concours général*, der alljährlich zwischen sämtlichen staatlichen und städtischen Anstalten stattfindet. Ein Preis in diesem Wettbewerb ist das Ziel des Ehrgeizes aller begabteren Schüler. Aber auch die Stellung der Lehrer, ihre Beförderung in bessere Stellen, ihre Aussicht auf ehrenvolle Auszeichnung, und endlich auch der Ruf der Schule hängen wesentlich davon ab, ob Sieger im *concours général* von ihnen vorgebildet sind. Der Unterricht ist daher ganz wesentlich durch die Rücksicht auf diesen allgemeinen Wettbewerb bestimmt. Es kann nicht zu einer ruhigen, methodischen Durcharbeitung des Stoffes kommen, bei der die Sache um ihrer selbst willen betrieben wird.

2. Unter den angegebenen Mifsständen hat insbesondere auch der Physikunterricht in Frankreich zu leiden. Während in Deutschland und Österreich die Methodik dieses Unterrichtszweiges in den letzten Jahrzehnten ganz aufserordentliche Fortschritte gemacht hat, beschränken sich die neuesten Instruktionen des französischen Unterrichtsministeriums darauf, einen Auszug aus den Ratschlägen mitzuteilen, die J. B. Dumas, der berühmte Chemiker, in den Instruktionen von 1854 gegeben hat[2]). Diese Ratschläge sind vortrefflich und noch heute befolgenswert. Aber die schönsten methodischen Ratschläge sind vergeblich, wenn die Institutionen selbst der Ausführung entgegenstehen. Ich hebe nur einen Punkt besonders hervor. Dumas warnt

---

[1]) Der Verfasser hat im Juli d. J. die Pariser Weltausstellung im Auftrage des Magistrats von Berlin besucht. Die hier veröffentlichten Mitteilungen sind einem an diese Behörde erstatteten Bericht entnommen.

[2]) Vergl. den Auszug in dieser Zeitschrift, 1900, Heft 5, S. 291.



davor, den Unterricht mit zu vielen Einzelheiten zu belasten, die nur den Forscher angehen; er empfiehlt z. B. bei dem Gesetz von Gay-Lussac über die Ausdehnung der Gase sich darauf zu beschränken, dafs diese Ausdehnung für alle Gase merklich die gleiche sei; dagegen die Abweichungen von diesem Gesetz und deren Betrag zu kennen, sei nur Sache der Forscher von Beruf. Nun denke man sich den Fall, es sei beim *concours général* die Darstellung dieses Gesetzes als Thema gestellt. Sicherlich wird die Arbeit eine höhere Note (oder eine gröfsere Zahl von Points) davon tragen, die auch über diese Abweichungen noch nähere Angaben enthält. Man sieht an diesem Beispiel, wie die Vorbereitung auf den *concours général* alle solchen methodischen Ratschläge illusorisch machen mufs.

Eine andere Forderung von Dumas geht dahin, dafs der Experimental-Unterricht sich möglichst an die ursprünglichen einfachen Formen halte, die die Erfinder selbst ihren Apparaten gegeben haben, dafs dagegen die complizierten und dabei kostspieligen Apparate der Mechaniker als minder geeignet für den Unterricht zu betrachten seien. In Wirklichkeit herrscht auf dem Gebiete des physikalischen Experimentes in Frankreich noch heute der Mechaniker. An amtlichen wie nichtamtlichen Stellen wurde mir versichert,' dafs an einfachen von den Professoren selbst angegebenen Apparaten kaum Nennenswertes existiere; man beschränkt sich fast ausschliefslich auf den Gebrauch der Apparate, die von einigen Firmen — oft recht geschickt — construiert werden. Auch das neueste vom Ministerium herausgegebene Normalverzeichnis von Unterrichtsmitteln enthält nur solche, den Katalogen der Hauptfirmen entnommene Apparate. (Vergl. unten No. 5.) Eine der hauptsächlichsten Ursachen hierfür glaube ich darin zu erkennen, dafs die Lehrer es vorziehen, dieselben traditionellen Apparate zu benutzen, die in den für die Examensvorbereitung gebrauchten Lehrbüchern beschrieben sind.

Im Zusammenhange hiermit ist es auch verständlich, dafs von Bemühungen um die Verbesserung der Methodik, wie sie bei uns in so grofser Zahl hervortreten, in Frankreich so gut wie nichts zu bemerken ist. Es giebt (oder gab) zwar ein Journal de physique chimie et histoire naturelle élémentaires, aber es findet sich darin nur vereinzelt einmal ein Unterrichtsversuch oder ein Bericht über einen anderswo beschriebenen wissenschaftlichen Apparat, dagegen kaum je eine methodische Darlegung. Den Hauptteil des Inhalts bildet vielmehr — charakteristisch genug — eine Zusammenstellung von Aufgaben, die bei den verschiedenen Prüfungen gegeben worden sind, zum Teil mit den dazu gehörigen Lösungen. Auch dieses Unternehmen steht unter dem Druck des französischen Prüfungs- und Wettbewerb-Systems.

Dafs es im Physikunterricht eine eigentliche Methodik in unserem Sinne nicht giebt, zeigen auch die Lehrbücher, die den Stoff fast ausschliefslich in systematischer Form — allerdings zumeist mit der den Franzosen eigenen Klarheit und Präcision — darstellen. Mir ist nur ein Lehrbuch bekannt geworden, das mit Berücksichtigung der methodischen Seite des Unterrichts verfafst ist[3]). Sicher fehlt es auch nicht an Lehrern, die den Unterricht im Geiste der Ratschläge von J. B. Dumas zu erteilen bemüht sind. Aber solche Bemühungen müssen vereinzelt und entwicklungsunfähig bleiben, weil ihnen die eiserne Schranke der Institutionen entgegensteht.

3. Es soll nicht in Abrede gestellt werden, dafs die besonderen Bedingungen, unter denen der Physikunterricht in Frankreich steht, auch eine Vervollkommnung in gewisser Richtung, nämlich in der Technik des Unterrichts, der Didaktik im engern Sinne bewirkt haben. Im Hinblick auf die Prüfungen war eine feste und

[3]) Haraucourt (Rouen), Cours élémentaire de physique, 8. édition.



sichere Aneignung des Stoffes erforderlich. Um diese zu erzielen, hat man zu einem eigentümlichen Mittel gegriffen: man hat das Lehrbuch aus dem Unterricht fast ausgeschaltet. Allerdings giebt es eine grofse Anzahl von Lehrbüchern, die zum Teil in zahlreichen Auflagen erschienen sind; aber sie werden fast nur privatim von den Schülern zur Vorbereitung auf die Prüfungen benutzt und lassen diese Bestimmung vielfach schon im Titel erkennen[4]). Im Unterricht dagegen verfährt man so, dafs der Lehrer vorträgt und die Schüler nachschreiben, um sich dann an der Hand ihrer zu Hause durchgesehenen und vervollständigten Notizen den Stoff anzueignen. In der That ist der einzige Gegenstand physikalischer Natur, den ich bei Durchsicht einer grofsen Zahl von (ungedruckten) Conferenzverhandlungen aus den letzten Jahren erörtert gefunden habe, die Einrichtung der Vortragsnachschriften (*cahiers de cours*) und deren Verhältnis zum Lehrbuch gewesen. Diese Frage wird ausdrücklich als eine der wichtigsten pädagogischen Fragen bezeichnet. Es wird geltend gemacht, dafs die Notizen der Schüler der Einprägung wegen wichtig seien; was man schreibe, behalte man leichter, als was man nur lese. Der Gebrauch des Lehrbuches in den Stunden sei daher zu verwerfen. Man verkennt allerdings nicht, dafs solche Notizen auch ihr Mifsliches haben, namentlich sei Mifsverständnis von Worten und Bezeichnungen zu befürchten. Auch sind Schüler der unteren und mittleren Klassen jedenfalls noch nicht fähig, eine selbständige Nachschrift des Vortrages herzustellen. Man mufs daher in der 5. und 6. Klasse den Schülern ein kurzes „*Résumé*“ diktieren (obwohl das Prinzip des Diktierens, wie es früher in Frankreich üblich war, heut im allgemeinen verworfen wird). In der 3. Klasse giebt man den Schülern am Anfang der Stunde eine genaue Inhaltsübersicht (*un sommaire détaillé*); während des Vortrags müssen die Schüler dann wenigstens die Definitionen, Gesetze, schematischen Figuren von Versuchen und Apparaten, chemischen Formeln u. dergl. aufzeichnen. Auf diese Weise lernen die Schüler in zwei bis drei Monaten brauchbare Notizen machen; die Schüler der 2. und 1. Klasse sind dann im stande, ihre Aufzeichnungen ganz selbständig herzustellen.

Man sieht, wie auf diese Art die Fähigkeit der Schüler zu derartigen Leistungen ganz systematisch herangebildet wird. Ich habe in der Ausstellung des Ministeriums solche Notizenhefte gesehen, die das Aussehen von Reinschriften trugen. Allerdings waren das wohl auserlesene Exemplare, und die Beschaffenheit der zahlreichen ausgelegten Prüfungsarbeiten liefs erkennen, dafs auf äufserliche Correktheit kein zu grofses Gewicht gelegt wird. Aber der Text sowohl in diesen Prüfungsarbeiten wie in den nachgeschriebenen Heften bewies durchweg eine Fähigkeit zu klarem Ausdruck und übersichtlicher Anordnung, wie sie bei uns wohl seltener erreicht wird. Ein Teil dieses Vorzuges mag auf Rechnung der natürlichen formalen Begabung der französischen Nation zu setzen sein, ein anderer Teil ist jedenfalls der systematischen Pflege dieser Fähigkeit in allen Unterrichtsfächern zuzuschreiben. Dies ist ein Punkt, an dem wir von unsern Nachbarn lernen können. Und wennschon eine solche Fähigkeit vor allem durch den sprachlichen Unterricht ausgebildet werden mufs, so wird doch auch insbesondere der physikalische Unterricht von unten auf einen wirksamen Anteil daran in Anspruch nehmen könnnen. —

Was das Verhältnis des Lehrbuchs zum Unterricht betrifft, so wird in der oben herangezogenen Conferenzverhandlung einmütig gefordert, dafs das Lehrbuch nur eine sekundäre Rolle zu spielen habe, es müsse zur Ergänzung und zum Verständnis solcher Fragen, die in den Nachschriften nicht klar genug dargestellt

[4]) So Ganot, Cours de physique à l'usage des candidats au baccalauréat, 9. édition.

sind, herangezogen werden. Doch dürfe das Lehrbuch nicht als Ersatz der Notizen dienen, denn der Schüler vermöge nicht Wesentliches und Unwesentliches zu unterscheiden. Auch in einer anderen Conferenzverhandlung wird ausgeführt, die Nachschrift müsse den Schülern als Anhalt dienen, wenn sie sich aus verschiedenen Werken nach freier Wahl weiter unterrichten wollen. Dies Verfahren habe den doppelten Vorteil, dafs es die Schüler an selbständige Studien gewöhne, und dafs es ihnen vermöge der Mannichfaltigkeit der herangezogenen Werke ein reiches Material an Einzelkenntnissen zuführe.

Diese Bemerkungen, obwohl zunächst wieder auf französische Verhältnisse und vor allem auf die Prüfungen berechnet, verdienen auch bei uns für die Erörterung der Lehrbuchfrage beachtet zu werden. Denn auch der methodische Unterricht, wie wir ihn pflegen, kann nicht wohl fortlaufend an der Hand des Lehrbuchs erteilt werden; und neben ihm ist doch ein Lehrbuch erwünscht, das den Stoff vollständig und in übersichtlicher Anordnung darbietet.

4. Ein wesentlicher Bestandteil des französischen Physikunterrichts sind ferner die schriftlichen Übungen. Auch sie tragen zur Ausbildung der vorher erwähnten Fähigkeit im schriftlichen Ausdruck bei. Diese schriftlichen Übungen bestehen zum Teil in Aufgaben, die sich nicht wesentlich von den bei uns üblichen unterscheiden. Zum andern Teil aber sind es Beschreibungen und Ausarbeitungen; diese scheinen sogar an vielen Anstalten die Hauptrolle zu spielen. Ich führe einige Themata aus der 1. Klasse (*Classe de philosophie*)[5] an:

Das Mariottesche Gesetz und seine experimentelle Bestätigung. — Die Wollastonsche Säule und die Ursachen ihres allmählichen Schwächerwerdens. — Die Grundgesetze der elektrischen Induktion. — Das Sieden (hierbei wird namentlich auch eine genaue Beschreibung des Vorgangs verlangt). — Der Versuch von Torricelli und seine Erklärung.

Auch die Themata, die für die Baccalaureatsprüfung gegeben werden, sind vielfach ähnlicher Art: Die Ruhmkorffsche Spirale und ihre Wirkungen. — Theorie der Luftpumpe. — Gesetze der thermoelektrischen Ströme. — Verdampfen, Sieden, Destillieren.

Endlich die Aufgaben des Wettbewerbs von 1899 für die *Classe de philosophie*:

a) Verdunstung, Verdunstungskälte, ihre Folgen und Anwendungen. — b) Arbeit -- Lebendige Kraft — Energie — Leistung — Mechanisches Äquivalent der Wärme (Definitionen und numerische Werte der verschiedenen Einheiten). — c) In Hektowatt und in Pferdekräften die Leistung einer elektrischen Maschine zu berechnen, die einen Strom von 200 Ampère und 120 Volt liefern kann.

Für die *Première moderne* waren in dem selben Jahre folgende Aufgaben gestellt:

a) Prinzip der magnetelektrischen und der dynamoelektrischen Maschinen. Beschreibung und Theorie einer magnetelektrischen Maschine. — b) Allgemeines über die flüssigen und festen Kohlenwasserstoffe. Genaueres über Benzin und Terpentinöl.

[5]) Die französischen höheren Schulen haben eine klassische (altsprachliche) und eine moderne Abteilung. In der klassischen Abteilung wird nur auf der obersten Stufe (Classe de philosophie) während eines Jahres wöchentlich 5 St. Physik und Chemie unterrichtet. In der modernen Abteilung beginnt der physikalisch-chemische Unterricht in der 3. Klasse mit wöchentlich 3 Stunden, dann folgen in der 2. Klasse wöchentlich 4 St., und in der 1. Klasse (Abteilung Sciences) wöchentlich 4 Stunden; überdies werden in dieser Klasse einige physikalische Abschnitte (Cosmographie, Mechanik und Dynamik) in der Mathematik behandelt, für die wöchentlich 6 St. angesetzt sind. Daneben bestehen noch als Fachklassen die Mathém. élémentaires mit wöchentl. 10 St. Mathematik und 6 St. Physik und Chemie, und die Mathématiques spéciales mit wöchentl. 15 St. Mathematik, 4 St. beschreibender Geometrie und 6 St. Physik und Chemie.



Auch hier ist wieder ersichtlich, wie grofser Wert auf die schriftliche Wiedergabe eines im wesentlichen gedächtnismäfsig angeeigneten Stoffes gelegt wird. Wo Aufgaben gestellt werden, sind sie meist auf Grund fest eingeprägter Formeln leicht zu lösen; schwierigere Aufgaben werden vorwiegend nur in der *Classe de mathématiques spéciales* gestellt, die aber als eine Fachvorbereitungsklasse nicht mit der obersten Klasse unserer höheren Lehranstalten verglichen werden kann.

5. Für die Unterrichtssammlung hat das französische Unterrichtsministerium in diesem Jahr ein Normalverzeichnis physikalischer und chemischer Apparate herausgegeben[6]). Das Verzeichnis ist eine Neubearbeitung des 1889 von den Herren Dupré, Foussereau, Amaury und Dybowski zusammengestellten. Die diesmalige Commission, aus den Herren Laviéville, Dybowski, Seignette bestehend, hat dem Verzeichnis einige Bemerkungen von allgemeinem Interesse vorausgeschickt. Hinsichtlich der Preise, die für die Apparate angesetzt sind, erklärt die Commission, dafs es bedenklich sei, über gewisse Grenzen hinaus auf allzugrofse Billigkeit zu sehen. Wenn ein Mechaniker allzu billige Preise mache, so seien diese in der Regel durch geringere Sorgfalt der Arbeit aufgewogen, die gelieferten Instrumente sähen wohl nach etwas aus, funktionierten auch eine Zeit lang, würden aber bald unbrauchbar, ohne mit Erfolg repariert werden zu können. Es liefsen sich viele physikalische Kabinette nennen, die wegen dieser Ursache in wenigen Jahren völlig zu grunde gegangen seien. Die Commission sei daher nicht der Meinung, dafs man sich auf die Conkurrenz der Mechaniker einlassen solle; es sei besser, auch fernerhin sich an die Firmen zu halten, die die meisten Garantien böten, und für die Apparate zu zahlen, was sie wert sind.

Diesem Standpunkte, der das Gegenteil von übertriebener Sparsamkeit ist, entsprechen die oft recht hohen Preise, die für einzelne Apparate angesetzt sind. Ich nenne beispielsweise: Apparat von Cailletet für die Verflüssigung der Gase, 600 fr.; *Hydraulische Presse mit Cailletetscher Pumpe, 350 fr.; Carréscher Apparat zur Eisbereitung, 290 fr.; *Foucaults Apparat für die Verwandlung von Arbeit in Wärme, 450 fr.; *Apparat von Regnault für die Bestimmung der spezifischen Wärmen, 275—550 fr.; *Calorimeter von Favre und Silbermann, 125—390 fr.; *Apparat von Dulong und Petit für die Bestimmung der spezifischen Wärmen nach der Abkühlungsmethode, 70 fr.; Apparat von Despretz zur Messung der latenten Wärme des Wasserdampfes, 155 fr.; Apparat von Melloni für das Studium der strahlenden Wärme, 375 bezw. 800 fr.

Unter diesen Apparaten findet sich noch keine der oft recht teuren elektrischen Maschinen; z. B. ist eine Grammesche Maschine mit 700—800 fr. angesetzt. Die mit einem Stern (*) bezeichneten Apparate sind sogar solche, deren Anschaffung die Commission besonders angelegentlich empfiehlt.

Die selbe Freigebigkeit zeigt sich in der vom Ministerium sanktionierten Anordnung, dafs auch Apparate, die aufserhalb des Lehrplanes liegen, zu bewilligen seien, wenn sie von Lehrern gewünscht würden, die höhere Vorbereitungskurse (*conférences de licence*) abhielten oder mit wissenschaftlichen Untersuchungen beschäftigt seien. Es wird nur verlangt, dafs derartige Anträge mit einer Motivierung versehen und soweit möglich von der Aufsichtsbehörde (*Inspection générale*) unterstützt seien.

Das Verzeichnis selbst ist bereits oben kurz charakterisiert worden. Von Interesse dürften noch die Gesamtsummen sein, die für die physikalische Sammlung

[6]) Catalogue du matériel scientifique des lycées et collèges de garçons. Paris 1900, Imprimerie Nationale, 52 p.



angesetzt sind. Unterschieden wird hierbei zwischen den sogenannten kleinen Collèges, deren Mittel beschränkt sind, und den grofsen Collèges und Lyceen. Für die ersteren beläuft sich die Summe auf etwa 9000 fr. (7200 M.), für die letzteren auf etwa 32000 bis 35000 fr. (ca. 25500—28000 M.). Hierin ist aber eine Anzahl von Apparaten noch nicht mitgerechnet, bei denen keine bestimmten Preise angegeben sind (wie Galvanometer, Elektrometer u. andere). Für die Klasse der Mathématiques supérieures, wo eine solche vorhanden ist, sind aufserdem noch Apparate im Werte von ca. 4000 fr. angesetzt.

Vergleicht man diese Summen mit den Beträgen, die durch das Normalverzeichnis des deutschen Vereins für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (von 1896) repräsentiert sind, so ergiebt sich, dafs die von diesem geforderte Minimalsumme von 5000 M. eine recht bescheidene zu nennen ist. Selbst die Forderung des österreichischen (nichtamtlichen) Normalverzeichnisses von 1896 mit 5500—7400 fl. für Unter- und Oberstufe, und 1500—1800 fl. Mehrforderung für reicher dotierte Anstalten bleibt noch beträchtlich hinter der amtlichen französischen Aufstellung zurück.

Das französische Verzeichnis kann nicht ohne weiteres auch für uns als Muster genommen werden, denn einerseits sind die Preise der französischen Mechaniker teilweise höher als die der deutschen, und anderntei1s ist die (von Dumas bereits verurteilte) Gewohnheit, wissenschaftliche Apparate direkt für den Unterricht zu verwenden, bei uns dadurch eingeschränkt, dafs wir eine grofse Zahl billigerer und doch gut funktionierender Demonstrationsapparate haben. Immerhin verdient die Warnung der französischen Commission, keine billigen und schlechten Apparate zu kaufen, auch bei uns berücksichtigt zu werden. Ist der Etat für physikalische Apparate zu kärglich bemessen, so wird diese Gefahr sich schwerlich vermeiden lassen.

Schulversuche aus der Elektrizitätslehre.

Von

Dr. **Hans Lohmann** in Dresden.

1. Um die Schüler über die Kapazität einer Leydener Flasche zu belehren, schaltet man wie bekannt 2 Mafsflaschen von verschiedener Belegungsoberfläche hintereinander und bestimmt die Anzahl der Entladungsfunken der Mafsflasche von geringerer Kapazität, die bei gleicher Funkenweite und bei gleicher Gröfse der Funkenkugeln auf eine Entladung der gröfseren Flasche gehen. In ähnlicher Weise läfst sich die Verschiedenheit der Kapazitäten von Flaschenbatterien je nach der Schaltung der Flaschen zeigen. Ich benutze zu dem Zwecke je 3 Flaschen von gleicher Belegungsoberfläche, die nebeneinander (*b*) bez. hintereinander (*c*) geschaltet und nach Mafsflaschenart mit Selbstentladung versehen sind. Die Batterien (*b* und *c*) werden mit einer einfachen Mafsflasche (*a*) von derselben Oberfläche wie die einzelnen Flaschen der Batterien in den Stromkreis einer Influenzmaschine gebracht, so dafs durch die

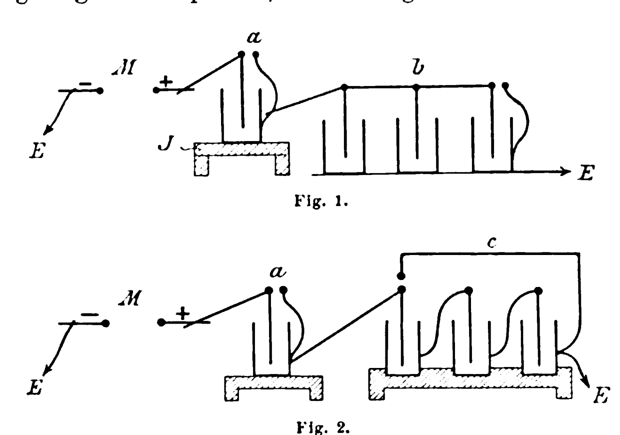


Fig. 1.

Fig. 2.



einfache Flasche die gleiche Elektrizitätsmenge fliefsen mufs wie durch die Batterie. Da (*b*) die dreifache Kapazität wie (*a*) besitzt, so schlagen bei gleichen Funkenstrecken bei (*a*) 3 Funken über, während bei (*b*) nur eine Entladung stattfindet (Fig. 1). Bei der Anordnung in Fig. 2 entladet sich (*c*) dreimal bis (*a*) einen Funken giebt, da die Kapazität der Kaskadenbatterie (*c*) $^1/_3$ der Kapazität von (*a*) ist. Eine Vereinigung von (*b*) mit (*c*) zeigt, dafs eine Entladung von (*b*) auf 9 Entladungen von (*c*) kommt. Die für die Vorführung günstigste Schlagweite der Flaschen ermittelt man durch Versuche. Ich benutze Flaschen von 13 cm Höhe, 6 cm Durchmesser, 8 cm Beleghöhe, 1 cm Durchmesser der Funkenkugeln und 4 mm Schlagweite.

2. Der Einflufs des Dielektrikums und des Abstandes der Platten auf die Kapazität eines Plattencondensators kann in folgender Weise demonstriert werden.

Zwei mit isolierenden Griffen versehene, gleich grofse Condensatorplatten (*a*, *b*) von 15 cm Durchmesser lassen sich in der Nut eines Brettes gegeneinander verschieben und sind mit den Polen einer kleinen Influenzmaschine unter Einschaltung zweier Leydener Flaschen verbunden (Fig. 3). Zwischen beiden beweglichen Condensatorplatten befindet sich isoliert auf dem Brette befestigt eine dritte Metallplatte (*c*), die mit einem Elektroskop verbunden ist. Sind die Platten *a* und *b* gleich weit von *c* entfernt, so bleibt trotz der Ladung jener Platten das Elektroskop in Ruhe. Nähert man nun *a* an *c*, so spreizen die Blättchen und zeigen sich negativ geladen. Die Ladung läfst sich durch Annäherung von *b* an *c* compensieren. Bringt man *b* noch näher an *c* als zur Compensation nötig war, so spreizen die Blättchen des Elektroskops, aber jetzt positiv geladen. Ähnliche Erscheinungen zeigen sich natürlich auch beim Entfernen einer Platte von *c*. Schiebt man zwischen *a* und *c* in einer Quernut (*d*) des Holzes eine (3 cm starke) Paraffin-(Glas)Scheibe, wenn das Elektroskop keine Ladung anzeigt, so spreizen die Blättchen (negativ geladen). Der Ausschlag des Elektroskops läfst sich durch eine der Dielektrizitätsconstante der eingeschobenen Platte entsprechende Annäherung von *b* an *c* compensieren. Zieht man dann die Scheibe zwischen *a* und *c* wieder heraus, so spreizen die Blättchen von neuem, nun aber positiv geladen, und man mufs *a* an *c* nähern, um die Blättchen in die Ruhelage zu bringen.

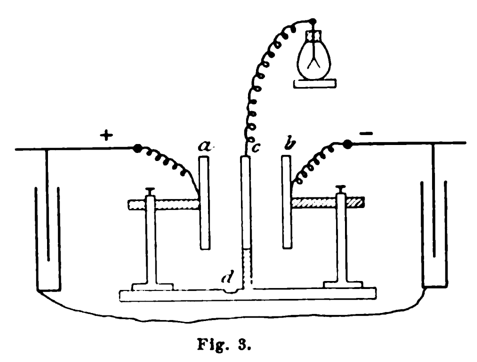


Fig. 3.

3. Mit Hilfe einer Mafsflasche und einiger Hanfschnüre läfst sich auf einfache Weise das Ohmsche Gesetz für Reibungselektrizität darlegen. Den einen Pol einer Influenzmaschine verbinde man metallisch mit dem äufseren Beleg, den anderen Pol durch Hanfschnüre mit dem inneren Beleg einer Massflasche von der vorher erwähnten Gröfse. Die Hanfschnüre sind gleich lang (35 cm), besitzen gleichen Querschnitt (4 mm Durchmesser), liegen in Gummischläuchen und sind an den Enden mit Metallhaken versehen. Man drehe die Maschine während der Versuche möglichst gleichmässig schnell, um das Potential der Pole constant zu erhalten, und verbinde die Mafsflasche nacheinander durch eine einfache, durch 2 nebeneinander und durch 2 hintereinander geschaltete Hanfschnüre mit der Influenzmaschine. Aus der Anzahl der Funken, die in gleichen Zeiträumen bei der Mafsflasche überspringen, schliefst man auf die abgeströmte Elektrizitätsmenge. Durch lautes Zählen kann man erstens einen gleichmäfsigen Gang der Maschine erzielen und hat zweitens ein gutes Schätzungsmafs für

die Anzahl der überspringenden Funken. Springen z. B. bei Einschaltung einer einfachen Schnur 4 Funken in einer gewissen Zeit über, so erfolgen bei 2 nebeneinander geschalteten Schnüren 8 und bei 2 hintereinander geschalteten Schnüren 2 Entladungen der Mafsflasche in derselben Zeit.

4. Das Gefälle der in einem Halbleiter fliefsenden Elektrizität von hoher Spannung lässt sich zeigen, indem man sich der Geifslerröhre bedient. Die weit auseinander gezogenen Pole einer grossen Influenzmaschine verbindet man durch eine Hanfschnur von 2 m Länge und 4 mm Dicke in der durch Figur 4 angedeuteten Weise, wobei die Schnur bei *a* durch einen Isolator straff gehalten wird. Die Geifslerröhre (*G*) wird an ihren beiden Enden mit Metallhaken versehen, so dafs man sie an der Schnur entlang schieben kann. Das andauernde Leuchten der Röhre, wohin man sie auch verschieben mag, deutet auf das Vorhandensein einer Potentialdifferenz an allen Stellen der Schnur, die um die Länge der Röhre von einander entfernt sind.

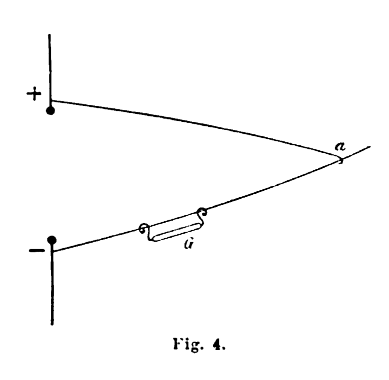


Fig. 4.

5. Um die Abnahme des Potentials beim Übergange vom positiven zum negativen Pole durch einen Versuch zu kennzeichnen, verbinde man die Pole der Maschine mit einer 20 cm langen, 4 mm dicken Hanfschnur, hänge die Geifslerröhre mit einem Metallhaken an dem einen Ende daran an und leite das andere Ende der Röhre metallisch zur Erde ab. Fährt man, während die Maschine im Gang ist, mit der Röhre langsam an der Schnur von einem Pole zum anderen, so sieht man an dem allmählichen Verlöschen und dann an dem Anwachsen der Leuchtkraft der Röhre mit umgewechselten Farben die Abnahme des Potentials in dem Leiter.

6. Auch zur Demonstration der Wheatstoneschen Brücke läfst sich die Geifslersche Röhre verwenden. Zu dem Zwecke leite man den einen Pol der Influenzmaschine zur Erde ab und verbinde den anderen mit dem einen Ende (*A*) des Brückensystems (*A B C*, Fig. 5). Das andere Ende (*B*) des letzteren wird ebenfalls zur Erde abgeleitet. Die einzelnen Zweige des Brückensystems werden von Hanfschnüren der oben erwähnten Art gebildet. *A B* und *B C* sind 35 cm lang und in Gummischläuche gesteckt, *A B* ist eine gedrillte Doppelschnur von 40 cm Länge ohne Gummihülle. An die isoliert befestigte Stelle *C* des vertikal angeordneten Brückensystems hänge man die Geifslerröhre (*G*), von deren unterem Ende ein Draht nach der Gleitschnur *A B* geht. Sind die Schnüre *A C* und *B C* von gleichem Widerstande, so bleibt die Röhre dunkel, wenn der Gleitdraht die Mitte von *A B* berührt. Hängt man parallel *B C* eine zweite Schnur ein, so muss man den Gleitdraht nach *B* zu verschieben, um die Röhre dunkel zu bekommen.

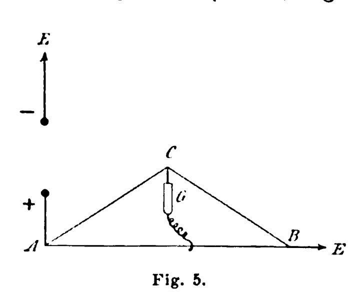


Fig. 5.

7. Das Barlowsche Rädchen eignet sich sehr gut zur Sichtbarmachung des Unterschiedes zwischen Öffnungs- und Schliefsungsfunken, da beim Drehen des Rädchens das Öffnen an einer anderen Stelle des Stromkreises erfolgt wie das Schliefsen des Stromes. Die Stelle, an der die Zinken des Rädchens in das Quecksilber (*Q* Fig. 6) hineintauchen (Schliefsungsstelle), funkt bedeutend weniger als die Stelle, an der die Zinken aus dem Quecksilber austreten (Öffnungsstelle). Die Erscheinung wird besonders deutlich, wenn man eine unifilare Spule (*U*) in den Stromkreis ein-

schaltet. Um in Verbindung mit diesem Versuche die Verminderung der Selbstinduktion bei bifilarer Wickelung der Spule zu zeigen, ersetze man U mit Hilfe des Morsetasters (T) durch eine andere Spule (B), deren Draht dieselbe Länge und denselben Querschnitt wie U hat, die aber bifilar gewickelt ist. Der Öffnungsfunke ist bei Einschaltung der letzteren Spule bedeutend kleiner als bei der unifilaren Spule.

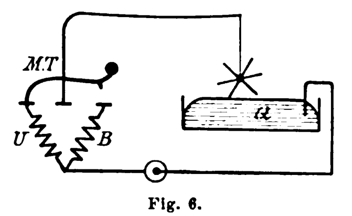


Fig. 6.

8. Die Anzahl der Polwechsel eines Wechselstroms läfst sich in sehr deutlicher Weise durch die Höhe des Tones einer durch einen Elektromagneten in Schwingungen versetzten Eisenplatte demonstrieren. Ein rundes Eisenblech von 0,5 mm Dicke und 20 cm Durchmesser ist mit Filzunterlage in einem Holzringe befestigt und wird einige Millimeter über einem Elektromagneten festgeklemmt. Schickt man durch diesen einen starken Wechselstrom, z. B. den einer Lichtanlage, so giebt die Platte durch den Ton die Anzahl der Polwechsel in der Sekunde zu erkennen. Der Ton überrascht durch seine aufserordentliche Stärke.

9. Um die Wichtigkeit der hufeisenförmigen Anordnung eines Elektromagneten zu zeigen, bediene ich mich u. a. eines v. Waltenhofenschen Pendels. Die Kupferscheibe S (Fig. 7) schwingt zwischen 2 Elektromagneten, deren Drahtwickelungen hintereinander geschaltet sind. Der Strom wird durch 2 Metallleisten zugeführt, zwischen denen man die Elektromagnete verschieben kann. Durch einen Eisenbügel ($B\,B_1$), der denselben Querschnitt besitzt wie die Eisenkerne der Elektromagnete, und dessen Backen B und B_1 bei M und M_1 angelegt werden, kann man die beiden Elektromagnete zu einem Hufeisenmagneten vereinigen. Man schliefst den Strom zunächst, ohne den Bügel anzulegen und beobachtet die Wirkung der Magnete auf die schwingende Kupferscheibe. Dann wiederholt man den Versuch nach Anlegung des Bügels. Die dämpfende Wirkung ist im letzteren Falle bedeutend stärker als ohne Bügel.

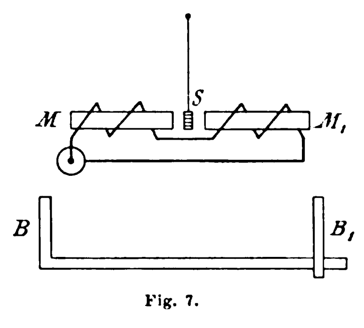


Fig. 7.

10. Zum Nachweise, dafs auch innerhalb eines galvanischen Elementes ein elektrischer Strom bei geschlossenem äufseren Stromkreise fliefst, kann man folgende Anordnung gebrauchen. Das Gefäfs ist von der Form zweier communizierenden Röhren von grofsem Querschnitt und kurzem Verbindungsrohr. Dies letztere ist an 2 gegenüberliegenden Stellen mit Bohrungen versehen, welche durch ein Rohr mit einander verbunden sind. Durch dieses Rohr wird das Verbindungsstück eines astatischen Nadelpaares geführt, das zwischen den communizierenden Röhren an einem Faden befestigt ist (Fig. 8). Füllt man das Gefäfs mit der Flüssigkeit des Chromsäureelementes und taucht in die communizierenden Röhren ein Paar breite Zink- und Kohleplatten, die mit einander verbunden sind, so schlägt das Nadelpaar kräftig aus. Durch Anbringung eines leichten wagerecht schwingenden Zeigers oder einer Scheibe senkrecht zu den Nadeln kann man den Ausschlag den Zuhörern gut sichtbar machen. Wenn man die metallische Verbindung zwischen dem Zink und der Kohle löst, so kehrt die Nadel in die Ruhelage zurück.

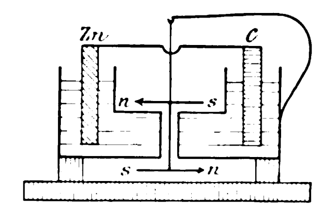


Fig. 8.

11. Eine andere Methode, die Strömung innerhalb des Elements zu zeigen, beruht darauf, dafs man ein Galvanometer innerhalb eines Elementes in einen Nebenschlufs schaltet. Zu dem Zwecke giefse man in eine flache Schale die Elementenfüllung und zeige zunächst, dafs, wenn man zwei mit einem Galvanometer verbundene Kupferdrähte in die Flüssigkeit taucht, kein Ausschlag stattfindet. Bringt man dann ein metallisch verbundenes Zink-Kohle-Plattenpaar in die Flüssigkeit, so dafs die Galvanometerdrahtenden zwischen den Platten eintauchen, so schlägt das Galvanometer sofort aus. Dafs die Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Flüssigkeit beim Eintauchen des Plattenpaares nicht nur zwischen den Platten, sondern auch aufserhalb des Zwischenraumes derselben vorhanden ist, zeigt man durch entsprechendes Eintauchen der beiden Drähte, die nach dem Galvanometer führen.

12. Ein dem letzteren Versuche entsprechendes Verfahren kann man anwenden, um die Schüler über das Wesen des elektrischen Gefälles bei galvanischen Strömen zu belehren. — Man leite den Strom eines Elementes vermittelst breiter Kupferplatten durch ein mit Kupfervitriollösung gefülltes Gefäfs. Zwischen die Kupferplatten taucht man in die Flüssigkeit 2 Drähte, deren Abstand constant erhalten werden kann, und die nach einem Galvanometer führen. Verschiebt man bei constantem Abstande die Drähte zwischen den Platten hin und her, so bleibt der Ausschlag des Galvanometers ungeändert. Vergröfsert man den Drahtabstand in der Flüssigkeit, so nimmt der Ausschlag zu, der sich umgekehrt verkleinert, wenn man die Entfernung der Fühldrähte verringert.

Das magnetische Feld.

Von

M. de Waha in Luxemburg.

1. Die Induktionserscheinungen.

Die wichtigsten in einem magnetischen Felde auftretenden Erscheinungen sind die Induktionserscheinungen; alle anderen können auf diese zurückgeführt werden.

Zu den hier angeführten Versuchen ward ausschliefslich ein schon älteres, von Edelmann in München hergestelltes, gewöhnliches Galvanometer mit Glockenmagnet und kleinem Spiegel gebraucht. In etwa einem Meter Abstand war eine einfache Petroleumlampe aufgestellt, auf deren Glascylinder ein feiner Platindraht in vertikaler Richtung befestigt war. Zwischen Lampe und Spiegel stand eine Convexlinse, die auf einer etwa drei bis vier Meter vom Spiegel entfernten Papierskala ein ziemlich scharfes Bild des Platindrahtes entwarf. Das Instrument wurde als ballistisches Galvanometer benutzt, und in der gegebenen Aufstellung wurden die Stromintensitäten den Ausschlägen direkt proportional angenommen.

Ist der bei den Versuchen durch das Galvanometer führende Stromkreis beständig von fast genau gleichem Widerstande, so können auch die jedesmaligen im Kreise thätigen elektrischen Kräfte bis zu einem gewissen Grade als den Ausschlägen des Fadenbildes proportional gesetzt werden.

Als Felderreger dienten meistenteils eine von einem Strome von vier Ampère durchflossene Spule, dann ein vermittels derselben Spule hergestellter Elektromagnet, und endlich ein gleich langer, cylinderförmiger Stabmagnet.

Wird eine beliebige Versuchsspule mit dem Galvanometer verbunden und in eine geeignete Stelle in Bezug auf den Felderreger gebracht, dann das Feld hergestellt oder unterdrückt, vermehrt oder vermindert, so lassen sich die allbekannten



Induktionserscheinungen sehr leicht experimentell darstellen, so z. B. der Einfluſs der Stromstärke, der Tourenzahl, der in die Erregerspule hineingeschobenen Eisenstäbe u. s. w.

Unter den verschiedenen Ergebnissen soll folgendes hervorgehoben werden:

„Jede Änderung in der Einwirkung des Feldes auf die Versuchsspule erweckt in dieser elektrische Kräfte, und zwar ist eine Vermehrung der Einwirkung stets von Schlieſsungskräften, eine Verminderung von Öffnungskräften begleitet.“

Inwieweit diese Bezeichnungen sich rechtfertigen, mag dahingestellt bleiben.

Die Untersuchung der in einem Felde auftretenden Induktionskräfte, in Bezug auf Richtung und Wert, beruht auf folgenden Voraussetzungen:

1. Die geometrische Achse des cylindrischen Felderregers ist gleichzeitig die Achse des vom Erreger hervorgebrachten Feldes.

2. Legt man durch den Mittelpunkt des Erregers eine zur Achse senkrecht stehende Ebene, so teilt sie den Erreger und das ganze Feld in zwei symmetrische Hälften. Diese Ebene kann also die Äquatorialebene genannt werden.

3. Denkt man sich in dieser Ebene verschiedene Kreislinien gezogen, deren Mittelpunkte mit dem Mittelpunkt des Erregers zusammenfallen, so sind alle in den verschiedenen Punkten einer dieser Kreislinien entstehenden Induktionskräfte einander gleich und ihre Richtung liegt in der Kreislinie selbst.

4. Befindet sich in dem Felde irgend eine der Äquatorialebene parallele Kreislinie, deren Mittelpunkt auf der Achse liegt, so sind auch alle in dieser Linie erzeugten Induktionskräfte untereinander gleich und haben die durch die Kreislinie angegebene Richtung.

Die Versuchsspulen, welche zur Untersuchung des Feldes dienten, wurden folgendermaſsen hergestellt. Aus einer ziemlich groſsen Glasscheibe wurden acht bis zehn Ringe geschnitten. Ein jeder wurde auf beiden Seiten mit Papierstreifen beklebt, sodaſs das Papier nach auſsen hin etwas über den Rand hervorragte; dann wurden auf jeden dieser Ringe genau dieselbe Zahl Windungen (15) eines feinen, gut übersponnenen Kupferdrahtes gelegt. Die hierzu gebrauchten Drähte hatten alle dieselbe Länge und waren von demselben Stücke abgeschnitten, sodaſs der elektrische Widerstand aller Versuchsspulen als gleich betrachtet werden durfte. Der noch übrige, nicht zu den fünfzehn Windungen verwandte Teil eines jeden Drahtes ward auf einen von dem Glasringe herabhängenden, leichten Cylinder aus Pappe gewickelt.

Zuerst wird die gröſste der Versuchsspulen mit dem Galvanometer verbunden und dann in die Äquatorialebene gestellt, sodaſs ihre Achse mit jener des Feldes zusammenfällt. Dann wird das Feld erregt und der durch den Induktionsstrom bewirkte Ausschlag notiert. Wird jetzt das Feld unterdrückt, so ist gewöhnlich der alsdann entstehende Ausschlag dem ersteren gleich. Nachdem nun die Versuchsspule etwa zwei Centimeter nach dem Ende des Felderregers hin gerückt, sodaſs ihre Achse stets mit jener des Feldes zusammenfällt, verfährt man wie vorher und bestimmt auch für diese Stelle die entsprechende elektrische Kraft. Nun wird die Versuchsspule wieder zwei Centimeter weiter gerückt, die der neuen Stelle entsprechende Kraft bestimmt und so fortgefahren, bis man am Ende des Feldes angelangt ist.

Dasselbe Verfahren wird mit einer jeden der anderen Versuchsspulen ausgeführt.

Dient der Magnetstab als Erreger, so wird derselbe jedesmal aus ziemlicher Entfernung durch eine rasche Bewegung in die vorher genau bezeichnete Lage gebracht. Umgekehrt kann man denselben auch zuerst in die Achse der Versuchsspule an geeigneter Stelle hineinlegen und dann durch einen kräftigen Ruck entfernen.

Dividiert man jedesmal den erhaltenen Ausschlag des Fadenbildes durch den Durchmesser der gebrauchten Versuchsspule, so ist der Quotient der in der Längeneinheit des jeweiligen Parallelkreises entstandenen elektrischen Induktionskraft proportional. Um ein Bild der Verteilung der Kräfte im Felde zu erhalten, betrachtet man die Papierfläche als eine durch die Achse des Feldes gelegte Meridianebene, zeichnet darauf die Lage des Erregers und seiner Achse, merkt alsdann die verschiedenen Punkte, für welche die elektrische Kraft bestimmt wurde und schreibt daneben den erhaltenen Wert.

Um die Verteilung der im Felde erzeugten Kräfte anschaulich zu machen, legt man durch alle gleichwertigen Punkte eine continuierliche Linie und erhält so ein Liniensystem von gleichen elektrischen Induktionskräften. Zu bemerken ist, dafs diese Linien eigentlich Rotationsflächen darstellen.

Notiert man auf einer zweiten Zeichnung neben jeden der untersuchten Punkte des Feldes den erhaltenen Ausschlag selbst und verbindet wie vorher alle gleich notierten Punkte durch eine Kurve, so erhält man ein zweites Liniensystem, welches ebenfalls eine Charakteristik des untersuchten Feldes abgiebt.

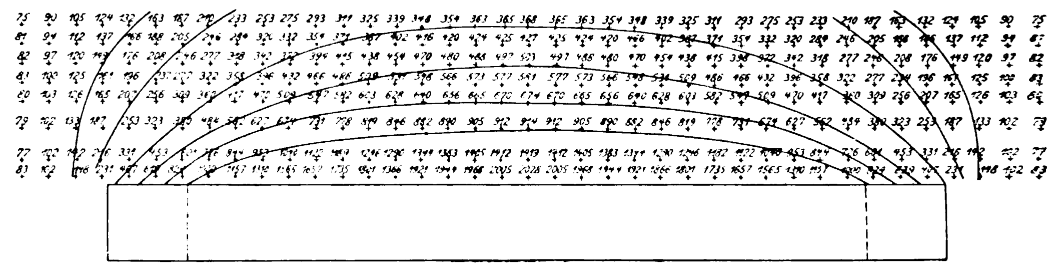


Fig. 1.

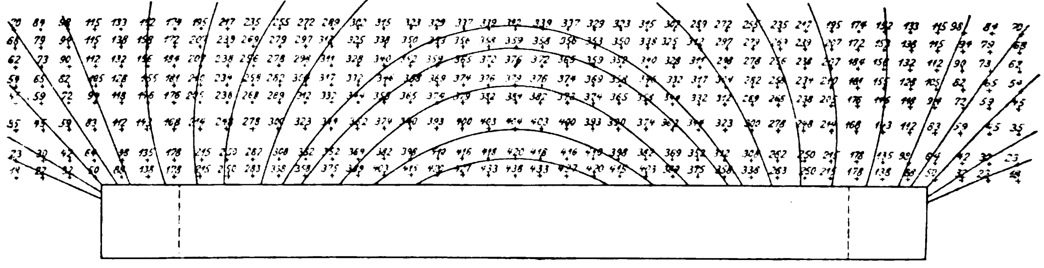


Fig. 2.

Ein Vergleich der erhaltenen Zeichnungen ergiebt, dafs die Liniensysteme derselben Art für ein jedes der drei Felder denselben Verlauf haben, woraus folgt, dafs die elektrischen Induktionskräfte in den magnetischen Feldern auf analoge Art verteilt sind, es mag nun der Erreger eine Spule, ein Magnet oder ein Elektromagnet sein.

Auffallend ist die Ähnlichkeit des zweiten Liniensystems mit den sogenannten magnetischen Kraftlinien, welche, wie allbekannt, durch Aufstreuen eiserner Feilspäne erhalten werden. (Fig. 1 und 2 stellen die beiden Liniensysteme des durch den Elektromagneten eines Rühmkorffschen Apparates erregten Feldes verkleinert dar.)

Auf gleiche Art wie vorher beschrieben läfst sich die Einwirkung des Feldes auf eine Versuchsspule ermitteln, deren Achse nicht mit jener des Feldes zusammenfällt, sondern an irgend einer Stelle des Feldes steht. So findet man z. B. dafs der in einer kleinen Spule erzeugte Induktionsstrom sein Maximum erreicht, wenn die Achse

dieser Spule tangential zu der durch deren Mittelpunkt gehenden Kraftlinie gerichtet ist. Dasselbe geschieht, wenn ein kleiner Eisenstab in die Spule hineingelegt wird.

Die so ausgeführte Untersuchung des magnetischen Feldes zeigt, dafs in der sogenannten Indifferenzzone, und zwar gerade in der Mitte derselben, also in der Äquatorialebene, die elektrischen Induktionskräfte ihr Maximum erreichen. Um in einer gegebenen Spule die gröfste elektrische Kraft hervorzurufen, mufs man sie in die Äquatorialebene des Erregers stellen und zwar so, dafs ihre Achse mit jener des Feldes zusammenfällt. In jeder anderen Stelle ist die in der Spule entwickelte Kraft geringer. Führt man die Spule aus der Äquatorialebene nach den Enden des Erregers hin und darüber hinweg, so nimmt die Induktionskraft stetig ab.

Demgemäfs ist ein magnetisches Feld als ein unzertrennliches Ganze zu betrachten, das in geometrischer Hinsicht nicht durch seine Pole, sondern durch seine Äquatorialebene dargestellt werden kann. Jedenfalls kommt man damit der Wirklichkeit näher, als wenn man die Magnetpole als an und für sich bestehende Ausgangspunkte von bestimmten Kräften ansieht. Der Kreisstrom kann als Symbol des Magnetfeldes angesehen werden.

2. Die magnetelektrischen Maschinen.

Zweck dieser Maschinen ist, mechanische Arbeit in elektrische Energie umzuwandeln.

Eine mit dem Galvanometer verbundene Spule ist in einem beliebigen Punkte A eines Magnetfeldes aufgestellt. Wird das Feld erregt, so entstehen in allen Teilen dieser Spule Induktionskräfte, deren Resultierende durch den Ausschlag des Fadenbildes gemessen wird. Wir wollen sie mit V bezeichnen und sie die Induktionskraft des Feldes im Punkte A nennen. Bewegen wir jetzt die Spule ruckweise von der Ausgangsstelle A bis zu einer Endstelle B, so entsteht bei jedem Rucke in der so bewegten Spule eine Induktionskraft, welche, wie vorher, durch den Galvanometerausschlag gemessen wird. Es ist bei diesen Bewegungen darauf zu achten, dafs jeder der der Spule erteilten Impulse nur ganz kurze Zeit dauert; jedenfalls mufs die Bewegungsdauer klein sein in Bezug auf die Schwingungsdauer des Glockenmagneten. Die bei den aufeinanderfolgenden Rucken erhaltenen Ausschläge seien mit f_1, f_2, f_3 etc. bezeichnet. Ist man an der Endstelle B angelangt, so bestimmt man schliefslich die dieser Stelle entsprechende Induktionskraft und bezeichnet sie mit V'.

Es stellt sich jetzt heraus, dafs $V - V' = f_1 + f_2 + f_3 +$ etc.

Die Summe der Ausschläge, welche man bei ruckweiser Verschiebung der Spule von der Anfangsstelle A bis zur Endstelle B beobachtet, ist gleich dem Unterschied der Ausschläge, die bei Herstellung des Feldes entstanden sind, als die Spule sich zuerst an der Ausgangsstelle, dann in der Endstelle befand.

Bei diesen Versuchen ist darauf zu achten, dafs man den Einflufs des erdmagnetischen Feldes eliminiert oder demselben Rechnung trägt und dafs, bei einem gegebenen Rucke, nicht zugleich ein Öffnungs- und auch ein Schliefsungsstrom entstehe.

Denkt man sich jetzt, dafs man die Spule, statt ruckweise, durch eine continuierliche, gleichförmige Bewegung von der Ausgangsstelle bis zur Ankunftsstelle überführe und dabei genau denselben Weg befolge wie vorher, so wird die Spule zum Sitz einer beständig andauernden elektrischen Kraft, deren Mittelwerth $\frac{f_1 + f_2 + f_3 + \text{etc.}}{T}$ beträgt, wenn T die Dauer der Bewegung bezeichnet. Hieraus folgt: $f_m = \frac{V - V'}{T}$.



„Die mittlere elektrische Kraft, welche entsteht, wenn man eine Spule in einem constanten Magnetfelde gleichförmig hinbewegt, ist dem Unterschied der an den beiden Endpunkten der durchlaufenen Bahn wirkenden Kräfte direkt, der Dauer der Bewegung jedoch umgekehrt proportional."

Bemerkenswert ist, dafs diese Kraft von dem Wege selbst unabhängig ist. Das arithmetische Maximum von f_m wird erreicht, wenn $V' = 0$, V einen maximalen und T einen minimalen Wert hat. $F_m = \frac{V}{T}$ (Rühmkorffscher Apparat). Für das algebraische Maximum wird $V' = -V$, mithin $F_m = \frac{2V}{T}$, worin wieder V einen maximalen und T einen minimalen Werth besitzt. (Magnetelektrische Maschinen.)

Die Verwirklichung der letzteren Annahme kann durch verschiedene mechanische Combinationen geschehen. Zur Erklärung in theoretischer Hinsicht diene folgendes Schema.

NS und $N'S'$ (Fig. 3) sind zwei ganz gleiche Spulen; ihre Achsen fallen zusammen und die sich gegenüberstehenden Enden S und S' sind gleichnamig. Bei Herstellung des Doppelfeldes wird in einer in der Äquatorialebene A aufgestellten Ankerspule eine Kraft V erregt; befände die Ankerspule sich in A', so wäre die Kraft $-V$; die Summe der in der Ankerspule entwickelten Kräfte bei ruckweiser Bewegung von A bis A' beträgt $2V$. Wird also diese Spule in möglichst kurzer Zeit von A nach A' oder rückwärts von A' nach A bewegt und werden gleichzeitig die beiden Erregerspulen NS und $S'N'$ in möglichst kräftige Elektromagnete verwandelt, so ist die mittlere Induktionskraft ein Maximum; ihr Wert beträgt $\frac{2V}{T}$ bei Vorwärts- und $-\frac{2V}{T}$ bei Rückwärtsbewegung.

Fig. 3.

Wegen mechanischer Schwierigkeiten ist diese Anordnung nicht in die Praxis übergegangen. Das Prinzip findet jedoch überall Anwendung.

Bei der Maschine von Gramme (Fig. 4) sind NS und $N'S'$ die Erreger, $n\,m\,s\,m'\,n$ der sogenannte Grammsche Ring. Geht eine Spirale aus der Äquatoriallage m durch s, s' bis m', so entstehen in ihr beständig gleichgerichtete elektrische Kräfte, deren Mittelwert $\frac{2V}{T}$ beträgt, wo T die Dauer der Bewegung und V die in der Spirale entstehende Kraft bezeichnet, wenn selbe sich in m oder m' befindet und das Feld plötzlich erregt wird.

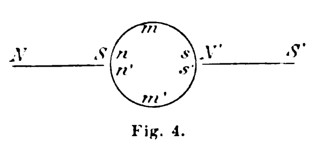


Fig. 4.

3. Die Umwandlung mechanischer Arbeit in elektrische Energie.

Die beiden Elektromagnete NS, $N'S'$, Fig. 5, bilden ein Doppelfeld und zwar so, dafs die sich gegenüberstehenden Endpunkte S und N' ungleichnamig sind. In der Mitte des Feldes hängt an einem Bindfaden eine Spule, deren beide Enden unter derselben in vertikaler Richtung hervorragen, ohne sich jedoch zu berühren. Man erteilt dem Bindfaden eine gewisse Torsionsenergie und überläfst die Spule sich selbst. Gleich beginnt sie sich zu drehen und fährt in der Drehung fort, das Feld mag erregt sein oder nicht.

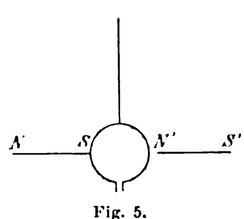


Fig. 5.

Jetzt werden die beiden Enden mit einander in Berührung gebracht, sodafs die Spule einen geschlossenen Leiter bildet. Nachdem man, bei offenem Felde dem Faden wieder die gehörige Torsionsenergie erteilt hat, beginnt

die Spule sich zu drehen wie vorher; erregt man das Feld, so steht sie still, beginnt jedoch gleich wieder ihre Drehbewegung, wenn das Feld verschwindet.

In dem Augenblicke, wo die Spule still steht, befindet sie sich noch immer unter dem Einflusse der vom Bindfaden ausgehenden Drehkraft. Da jedoch die Torsion des Fadens nicht hinreicht, die Spule in Drehung zu erhalten, mufs sie in dem Felde einen Widerstand finden, den sie nicht im stande ist, zu überwinden.

Es geht nicht an, diesen Widerstand auf eine etwaige Anziehung oder Abstofsung von elektrischen Strömen zurückführen zu wollen, denn, da die Spule still steht, kann in derselben kein Strom vorhanden sein. Die Erklärung mufs also anderswo gesucht werden.

Bewegt sich die geschlossene Spule im erregten magnetischen Felde, so wird sie bei jeder auch noch so kleinen Bewegung von einem elektrischen Strome durchflossen; es wird in derselben elektrische Arbeit geleistet. Die hierzu nötige Energie mufs von der dem Bindfaden erteilten Energie geliefert werden. Ist also die bei einer minimalen Drehung der Spule freiwerdende Torsionsenergie nicht gröfser als die gleichzeitig zu leistende elektrische Arbeit, so kann die Spule sich nicht drehen, sie steht still.

Bei nicht erregtem Felde oder bei offener Spule wird fast keine elektrische Arbeit geleistet; die Spule dreht sich in einem fort. Bei geschlossener Spule und schwachem Felde dreht sie sich ebenfalls, wenn auch langsamer.

Ganz ähnlich ist der Vorgang, wenn man einen Körper auf eine schiefe Ebene legt. Ist die beim Gleiten zu leistende Reibungsarbeit gröfser als die freiwerdende Energie der Schwere, so kann kein Gleiten stattfinden; der Körper beharrt in der Ruhelage. In dieser Lage wird keine Wärme erzeugt, und somit kann die Ursache der Hemmung nicht in etwaigen Wirkung der beim Gleiten entstehenden Wärme gesucht werden, obschon es genügt, das Entstehen der Wärme zu verhindern, um das Hinabgleiten hervorzubringen.

Von dem magnetischen Felde kann man sich folgende Vorstellung machen: Beim Eintritt des Stromes in den Erreger entstehen in diesem die den elektrischen Strom bedingenden Zustandsänderungen, welche von dem umgebenden Raume nach allen Richtungen hin fortgepflanzt werden. Es sind diese Änderungen statische, nicht dynamische. Ist der das Feld bildende Raum homogen, so sind die in demselben auftretenden Spannungen überall derselben Art; Richtung und Gröfse ändern jedoch von einer Stelle zur anderen.

Bringt man von aufsen einen Körper in das Feld, so unterliegen seine Teile der Einwirkung der vorhandenen Spannungen; sie erleiden eine Zustandsänderung, sodafs im magnetischen Felde der Körper andere Eigenschaften besitzt als im natürlichen Zustande. Da der Körper dem Auftreten dieser Änderungen einen mehr oder minder grofsen Widerstand entgegensetzt, so mufs man bei Einführung desselben in das Feld Arbeit leisten, sie mag noch so gering sein. Aber auch bei der Bewegung des Körpers im Felde selbst mufs Arbeit verrichtet werden, wenn man annimmt, dafs in den verschiedenen Stellungen, die der Körper bei seiner Bewegung einnimmt, die ihm aufgezwungenen Zustandsänderungen weder an Gröfse noch an Richtung dieselben bleiben. Jede Änderung der Spannungsverhältnisse im Körper ist vom Auftreten elektrischer Kräfte begleitet. Ist mithin der Körper ein geschlossener Leiter, das heifst, ist die Verkettung seiner Moleküle derart, dafs das Auftreten einer elektrischen Kraft notwendigerweise das Entstehen eines elektrischen Stromes bedingt, so kann die in dem Körper zu leistende Arbeit bei Bewegung desselben im Felde eine sehr beträchtliche werden.



4. Die Stabmagnete.

Eine von einem Strome durchflossene Spule und ein einfacher Stabmagnet bilden nach aufsen hin Felder, deren Haupteigenschaften fast genau dieselben sind. Hieraus folgt, dafs das, was in einer Spule das magnetische Feld bedingt, auch in einem gewöhnlichen Magneten sich vorfinden mufs und umgekehrt.

Beim Magnetisieren eines Stahlstabes werden seine Teile in eine besondere Spannungslage gebracht und durch die sogenannte Coërcitivkraft verhindert, wieder in die gewöhnliche Lage zurückzukehren. Desgleichen werden beim Durchgange eines Stromes die Teile des Leiters in eine Spannungslage gebracht und hierin durch die elektrische Kraft festgehalten. Neben den dynamischen Vorgängen, die sich in jedem Leiter beim Durchgange des Stromes vollziehen, bestehen statische Zustandsänderungen. Beide Vorgänge, statische und dynamische, sind eng mit einander verbunden.

Genau dasselbe findet sich in jeder dynamischen Maschine. Ist z. B. ein Eisenbahnzug in Bewegung, so strömt die von der Lokomotive ausgehende Energie continuierlich durch die Reihe der Wagen bis zum letzten hin und wird in Bewegungsarbeit, Wärme u. s. w. umgewandelt. Gleichzeitig entstehen in jedem Teile des ganzen Zuges elastische Spannungen, d. h. statische Änderungen, deren Wert von jenem des Energiestromes abhängt.

Die im Inneren einer Spule durch den elektrischen Strom hervorgerufenen statischen Zustandsänderungen unterscheiden sich von einander durch ihre Gröfse und ihre Richtung. Welches sind jetzt die Richtungen dieser Änderungen in einem gewöhnlichen Stabmagneten? Sind sie spiralförmig, wie in der Spule, oder bilden sie vielmehr kreisförmige, in sich geschlossene Bahnen? Und in letzterem Falle, greifen sie den Gesamtmagneten oder blofs gewisse Atomcomplexe an?

Bei mechanischer Zerteilung eines Stabmagneten findet man, dafs jedes Teilchen an und für sich schon einen Magneten bildet. Hieraus schliefst man, dafs die die magnetischen Eigenschaften bedingenden Zustandsänderungen in den Atomcomplexen in sich geschlossene Bahnen haben. Die Voraussetzung, dafs im Momente der mechanischen Abtrennung eines Teiles die Richtungen der Zustandsänderungen andere werden, hat bis jetzt keinen Anklang gefunden. Und doch ist dem so, denn man mag die beiden Stücke, in die man einen Magneten in longitudinaler oder transversaler Richtung zerlegt hat, so genau zusammenkitten wie man will, man wird doch nie einen dem ersten identischen Magneten erhalten.

Alle Versuche zeigen, dafs Erreger und Feld als ein Ganzes zu betrachten sind. Jede Änderung im Felde wirkt auf den Erreger zurück und umgekehrt jede mechanische oder sonstige Einwirkung auf den Erreger ist von einer Änderung im magnetischen Zustande des Feldes begleitet.

5. Die Selbstinduktion.

Wir denken uns einen Eisenbahnzug, der mit gleichförmiger Schnelligkeit über die horizontalen Schienen dahinrollt. Dann fliefst stetig ein Energiestrom von der Lokomotive bis zum letzten Teilchen des Zuges. Sind die Kuppelungsvorrichtungen zwischen den Wagen durch Kräftemesser ersetzt, so sinken die Angaben dieser Instrumente vom ersten bis zum letzten, und das Kraftgefälle von einem derselben bis zum nächtfolgenden ist genau gleich dem Widerstande, den der zwischen den beiden Kräftemessern befindliche Wagen dem Antriebe der Lokomotive entgegensetzt. In



dem Zuge ist Energie aufgespeichert und zwar nicht nur Bewegungsenergie, sondern auch Spannungsenergie. Wird jetzt einer der Wagen gebremst, so vermindert sich die Intensität der Bewegung des Zuges; das diesem Wagen entsprechende Kraftgefälle wächst desto mehr und desto rascher, je kräftiger und schneller die Bremse arbeitet. Nicht allein von der Lokomotive, sondern von allen Wagen des Zuges strömt die Energie nach dem gebremsten Wagen hin und wird dort in Arbeit umgewandelt. Ist die Bremsevorrichtung hinreichend, so wird der Zug zum Stehen gebracht, auch dann wenn die Zugkraft der Lokomotive stetig dieselbe bleibt. Bezieht man die in dem gebremsten Wagen verrichtete Arbeit auf die Zeiteinheit, so ist der Effekt desto gröfser, je rascher und kräftiger die Bremse wirkt und je mehr Energie in dem Zuge aufgespeichert war.

Einen genau gleichen Vorgang findet man bei den elektrischen Strömen. Wird ein Teil eines Stromkreises gebremst, d. h. wird dessen Widerstand vermehrt, so wird die Intensität vermindert; das diesem Teile entsprechende Kraftgefälle steigt rasch an; die in dem Stromkreise aufgespeicherte Energie strömt nach dem gebremsten Teile hin und wird dort in Arbeit umgesetzt.

Eine sehr kräftige Bremsevorrichtung besteht in der Einführung einer Luftschicht an einer Stelle des Kreises. Der so erzielte Effekt ist um so gröfser, je rascher die Einführung und mithin die Unterbrechung des Stromes vor sich gegangen und je mehr Energie in dem vom Strome gebildeten Felde aufgespeichert war. Letztere Energie hängt vor allem ab von der Intensität des Stromes selbst. Sie nimmt zu mit der Ausdehnung des vom Strome gebildeten Feldes. Bei langer Leitung und gleicher Intensität ist der Unterbrechungsfunke intensiver als bei kurzer Leitung.

Die aufgespeicherte Feldenergie wird aber bedeutend vermehrt, wenn man der Leitung die Form einer Spule giebt. Ist bei der Spulenwickelung die erste Windung hergestellt, so bildet dieselbe ein magnetisches Feld, in dem Wirkung und Rückwirkung einander gleich sind. Durch Anlegen einer zweiten Windung an die erste wird das Gleichgewicht gestört, da die Rückwirkung des Feldes auf die erste vermindert wird. Der Strom mufs also neue Energie an das Feld abgeben, die Zustandsänderung mufs vermehrt werden, bis die neue Rückwirkung der Wirkung das Gleichgewicht hält. Ebenso wiederholt sich der Vorgang beim Anlegen einer jeden neuen Windung.

Noch viel bedeutender kann die potentielle Energie des Feldes vermehrt werden, wenn man einen Cylinder von weichem Eisen in die soeben gebildete Spule bringt. Eisen besitzt eine viel gröfsere magnetische Elastizität als irgend ein anderer Körper; unter Einwirkung einer gegebenen Kraft erleidet es eine sehr beträchtliche Zustandsänderung, bevor Rückwirkung und Wirkung gleich werden. In dem Felde eines Elektromagneten ist die Zustandsänderung und mithin die aufgespeicherte Energie viel gröfser als bei einfacher Spule.

6. Der lineare Felderreger.

AMB (Fig. 6) stellt einen cirkularen Stromkreis dar; A ist der positive, B der negative Pol. Diesen Kreis kann man an der Berührungsstelle von A und B trennen und in einen geradlinigen entwickeln, wie Fig. 7 zeigt. Es sei CD ein zur Stromesrichtung senkrecht stehendes Stück eines geschlossenen Leiters. Bewegt man das Leiterstück der Stromesrichtung entlang nach $C'D'$ hin und zwar so, dafs es immer senkrecht zu derselben gerichtet bleibt, so zeigt der Versuch, dafs in diesem Leiterstück elektrische Kräfte auftreten und ein Induktionsstrom die Leitung durchfliefst. Wird

das Leiterstück nach rückwärts zu genau auf dieselbe Art bewegt, so treten wieder in demselben elektrische Kräfte auf, welche den vorigen entgegengesetzt gerichtet sind.

Nach dem Induktionsgesetze können bei der Bewegung eines Leiters in einem Magnetfelde nur dann elektrische Kräfte auftreten, wenn der Leiter sich durch Stellen verschiedener magnetischer Spannung hindurch bewegt. Hieraus folgt, dafs in einem durch einen geraden Strom erregten Magnetfelde die elektrischen Induktionskräfte der Stromesrichtung nicht parallel gerichtet sein können. Die im Felde vorhandenen magnetischen Spannungen müssen eine zur Stromesrichtung senkrecht stehende Componente haben, sonst wäre der Versuch, wie soeben beschrieben, unmöglich.

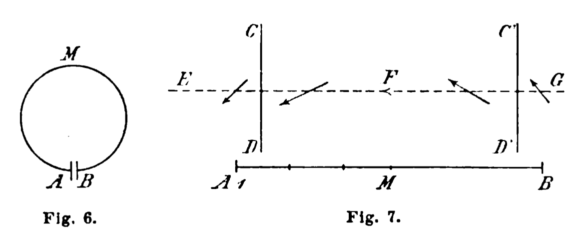


Fig. 6. Fig. 7.

Es sei *EFG* (Fig. 7) eine durch das Feld gezogene mit *AB* parallele Linie. In der Mitte *F* dieser Linie ist die entstehende elektrische Induktionskraft aus Gründen der Symmetrie der Richtung *AB* gleichlaufend und z. B. nach *E* hin gerichtet. Geht man von *F* nach *G*, so entfernen sich die in den verschiedenen Punkten vorhandenen Spannungen immer mehr von der horizontalen Richtung, sodafs gegen das Ende *G* die Spannungsrichtung sich am meisten der vertikalen nähert. Dasselbe geschieht, wenn man sich von *F* nach *E* hin bewegt. Da die Spannungsrichtung zwischen *G* und *E* überall von rechts nach links geht, so hat sie in jedem Punkte der Linie *EG* mit Ausnahme von *F* gleichzeitig eine vertikale und eine horizontale Componente. Die vertikale Componente wächst von *F* nach *G* und von *F* nach *E* hin; rechts ist sie nach oben, links nach unten gerichtet.

Bewegt man einen geradlinigen Leiter von *A* nach *B* hin (Fig. 7), so dafs derselbe stets eine auf *AB* senkrecht stehende Richtung beibehält, so nehmen die Spannungen in dem Leiter von *A* bis *M* ab, von *M* bis *B* aber wieder zu. Da nun aber diese Spannungen in den beiden Hälften des Feldes eine entgegengesetzte Richtung haben, so sind die durch die Bewegung erzeugten Induktionskräfte während der ganzen Dauer der Bewegung von *A* bis *B* gleich gerichtet.

Wird der ursprüngliche Kreisstrom (Fig. 6) wieder hergestellt, so verwandelt in dem neuen Felde die Gerade *EG* der Figur 7 sich in eine Kreislinie. Die Richtungen der in den verschiedenen Punkten dieser Linie auftretenden Spannungen fallen jedoch nicht in die Kreislinie selbst, sondern bilden mit derselben veränderliche Winkel und sind teils nach aufsen, teils nach innen hin gerichtet.

Hieraus folgt zuerst, dafs das Feld einer Spule nicht jene Regelmäfsigkeit besitzt, die wir ihm im Anfange dieser Arbeit zuerkannt haben, ferner, dafs die magnetischen Kraftlinien nicht mit den Linien der Figur 1 übereinstimmen können, und endlich, dafs, wenn man einen geradlinigen Leiter senkrecht um die Achse einer Spule herum bewegt, derselbe zum Sitz einer stets gleich gerichteten Induktionskraft wird, deren Richtung nur mit dem Sinne der Bewegung sich ändert. Auch können auf diese Art verschiedene unipolare Induktionserscheinungen sofort erklärt werden.

7. Die Umwandlung elektrischer Energie in mechanische Arbeit.

Gleich wie mechanische Arbeit durch das Vorhandensein magnetischer Spannungen in elektrische Energie umgewandelt wird, so entstehen auch umgekehrt unter dem Einflufs solcher Spannungen geeigneten Falles mechanische Wirkungen, welche die Umsetzung elektrischer Energie in Bewegung zur Folge haben.



Diese Umwandlung wird durch folgende Betrachtungen begründet.

Befindet sich ein Energiecentrum in einem gegebenen Mittel im Gleichgewicht, so zwar, dafs nach allen Richtungen hin Wirkung und Rückwirkung einander gleich sind, und es tritt jetzt in einem Punkte des Mittels ein zweites Energiecentrum auf, welches die in der Verbindungslinie der beiden Centren vorhandene Rückwirkung verstärkt, so entsteht dadurch eine Kraft, welche die Centren von einander zu entfernen sucht.

Bewirkt im Gegenteil das zweite Energiecentrum eine Schwächung der in der Verbindungslinie vorhandenen Rückwirkung, so werden die beiden Centren in dieser Richtung zu einander hingedrängt.

Für den speziellen Fall der Einwirkung zweier magnetischer Felder auf einander läfst sich dieses folgendermafsen ausdrücken.

Wenn zwei Magnetfelder auf einander einwirken, so suchen sie sich gegenseitig solche Bewegungen zu erteilen, dafs die durch diese Bewegungen in den Erregern hervorgerufenen Induktionskräfte den schon dort wirkenden Kräften entgegengesetzt und gleichzeitig einen gröfstmöglichen Wert erlangen.

Hieraus lassen sich die verschiedenen Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen zwischen Strömen, Spulen und Magneten ableiten. Das magnetische Feld kann also dazu dienen, mechanische Arbeit in elektrische Energie, aber auch umgekehrt, elektrische Energie in Bewegungsarbeit zu verwandeln.

Von jeher dienen die Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen als Ausgangspunkt und als Grundlage aller elektrischen und magnetelektrischen Theorieen. Vorstehende Arbeit bezweckt, die Möglichkeit darzuthun, diese Erscheinungen als einfache Folge der durch das Agens in dem umgebenden Raume hervorgerufenen Spannungsverhältnisse zu betrachten.

Das Sehen mittels enger Öffnungen.

Von

J. Jung in Pilsen.

Bekannt ist die Thatsache, dafs ein genügend helles Objekt durch eine sehr kleine Öffnung hindurch stets ziemlich scharf begrenzt gesehen wird, selbst wenn das Auge für die betreffende Objektentfernung nicht accommodiert ist. Bekannt sind ferner die „entoptischen Erscheinungen“, bei denen Objekte sichtbar werden, welche zwischen der Netzhaut und dem Schirm mit kleiner Öffnung liegen. Im Folgenden sollen nun die verschiedenen Möglichkeiten besprochen werden, die durch verschiedene Reihenfolge von Objekt, Schirm und Auge einerseits und verschiedene Accommodation des Auges andererseits für diese Art von Sehen sich ergeben. Es wird sich dabei zeigen, wann das Objekt aufrecht erscheint und wann verkehrt, und in welchen Fällen beim Verschieben des Schirmes das festgehaltene Objekt scheinbar gröfser oder aber kleiner wird.

Ein eigentliches Hindurchblicken findet natürlich nur statt, wenn der Schirm zwischen dem Auge und dem entweder selbstleuchtenden (z. B. Kerze) oder dunkeln Objekt steht. Im letzteren Falle, z. B. beim Betrachten einer Nadelspitze, ist ein heller Hintergrund notwendig. Steht hingegen das Objekt zwischen Schirm und Auge, so dient die Schirmöffnung als punktförmige Lichtquelle für das notwendigerweise dunkle Objekt und kann auch durch einen glänzenden Punkt ersetzt werden.

Das dioptrische System des Auges entwirft nun „Bilder“ sowohl vom Objekt als von der Schirmöffnung. Den Ort dieser Bilder mufs man in Betracht ziehen, wenn man die Gesichtswahrnehmung in irgend einem der möglichen Fälle ableiten will. Offenbar gehen

von dem Objektbild nur solche Strahlen wirklich aus, die auch Strahlen des Öffnungsbildes sind. Man mufs also das erstere vom Bildpunkte der Schirmöffnung aus auf die Netzhaut projizieren und gelangt so zu einem natürlich nicht „reellen“ Netzhautbild des betrachteten Gegenstandes, dessen Zustandekommen demjenigen der Bilder in einer linsenlosen „Camera obscura“ entspricht. Daher ist die Lichtstärke nur sehr gering; um sie zu vergröfsern, müfste auf Kosten der Deutlichkeit jenes Netzhautbildes die Schirmöffnung wachsen; je gröfser jedoch das Bild der Öffnung wird, um so weniger kann von einem Projizieren des Objektbildes aus einem Punkte gesprochen werden. Wenn nicht gerade Schirmebene und Netzhautebene einander optisch entsprechende Ebenen sind, dann erscheint als Gesichtsfeld eine ziemlich scharf begrenzte, matt erleuchtete Kreisfläche, eine Folge der Begrenzung des Strahlenganges durch die Pupille des Auges. Dieses Gesichtsfeld enthält dann mehr oder minder schattenhaft die „Bilder“, von denen die Rede sein soll.

Aufser den Orten O, des Objektes, und S, der Schirmöffnung, auf der Augenachse ist mafsgebend die Lage desjenigen Punktes N, welchem bei der gerade vorhandenen Krümmung der Augenlinse der Achsenpunkt N' der Netzhaut entspricht. Weil ein in N etwa befindlicher Gegenstand auf der letzteren scharf abgebildet würde, indem sein reelles Bild in der Netzhautebene zustande käme, werde N als „Deutlichkeitspunkt“ bezeichnet. Befindet er sich vor dem Auge in endlicher, womöglich geringer Entfernung, dann hat man entweder ein (erheblich) kurzsichtiges oder ein auf geringen Abstand accommodiertes, normales Auge vor sich. Auch durch Vorsetzen einer Convexlinse wird dieser Fall herbeigeführt. Für diesen Fall nun lassen sich alle Möglichkeiten unserer Bilderzeugung verwirklichen. Zunächst stehe das Objekt „vor“ dem Deutlichkeitspunkte, es befinde sich also O ausserhalb der Strecke NN' (Fig. 1). Da Objektpunkt und Bildpunkt immer im selben Sinne auf der Achse sich verschieben, so befindet sich das reelle, umgekehrte Bild $O'a'$ von Oa auch „vor“ der Netzhaut, und wenn wir als erste Schirmstellung einen Punkt S_1 noch vor dem Objekte wählen, so wird das Öffnungsbild vor dem Objektbild, also in der Figur links von O' in S_1' zustande kommen. Das oben erwähnte Projizieren des Bildes $O'a'$ von S_1' aus liefert nun auf der Netzhaut ein Bild $N'\alpha_1$, welches im Vergleich zum Objekt Oa auch als verkehrt zu bezeichnen ist. Das letztere wird also aufrecht gesehen. Je mehr sich nun der Schirm S_1 dem festgehaltenen Objekt nähert, um so näher rückt S_1' an O' heran, um so gröfser das Netzhautbild $O\alpha_1$. Tritt nun der Schirm hinter das Objekt, nach S_2, so fällt S_2' zwischen das Objektbild $O'a'$ und die Netzhaut, und nachdem für einen Augenblick die Bildgröfse unendlich geworden ist (d. h. ein Verschwimmen über das ganze Gesichtsfeld eintrat) ergiebt sich durch Projektion von $O'a'$ aus S_2' ein beim Weiterrücken von S_2 sich verkleinerndes, aber aufrechtes Netzhautbild $N'\alpha_2$, welches die Wahrnehmung eines verkehrten Objektes hervorruft. Sowie die Schirmöffnung mit dem Deutlichkeitspunkt N zusammenfällt, wird die scheinbare Gröfse des Objektes $= 0$, weil $N'\alpha_2$ zum Punkte N' zusammenschrumpft. Beim Überschreiten von N seitens S_2 kehrt sich nun offenbar das gesehene Objekt scheinbar wieder um, weil nun $O'a'$ von S_3', dem hinter die Netzhaut getretenen Öffnungsbilde, projiziert werden mufs, wobei ein an Gröfse wieder zunehmendes verkehrtes Netzhautbild $N'\alpha_3$ auftritt, das die Wahrnehmung eines aufrechten Objektes hervorrufen mufs. Offenbar ändert sich in diesem Vorgang nichts mehr, selbst wenn der Schirm den vorderen Brennpunkt des Auges überschreitet, S_3' also ins Unendliche rückt und auf der entgegengesetzten Seite aus dem Unendlichen wiederkehrt.

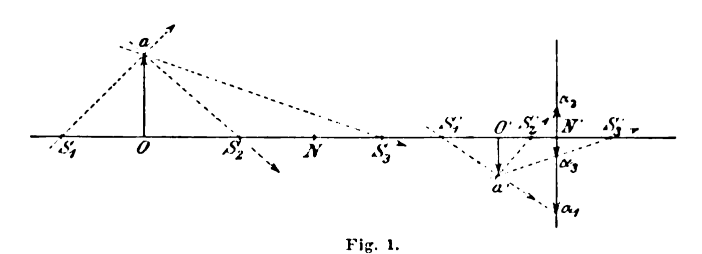


Fig. 1.

Nun befinde sich das Objekt näher am Auge als der Deutlichkeitspunkt N (Fig. 2). Es entstehe also das reelle, verkehrte Objektbild $O'a'$ hinter der Netzhaut N'. Zur Schirm-



stellung S_1 vor N gehört wieder ein Öffnungsbild S_1' vor N', und die zugehörige Projektion $N'\alpha_1$ auf der Netzhaut läfst das Objekt in der Wahnehmung aufrecht und um so kleiner erscheinen, je näher S_1 an N sich befindet. Beim Überschreiten des Deutlichkeitspunktes tritt eine mit der Bildgröfse = 0 verbundene Umkehrung ein, indem die zu einem S_2 zwischen N und O gehörige Lage von S_2' hinter N' das Auftreten einer aufrechten Bildprojektion $N'\alpha_2$ auf der Netzhaut zur Folge hat, die an Grösse beständig zunimmt. Tritt der Schirm von der Stelle unmittelbar vor O an die Stelle unmittelbar nach O, so geschieht wieder eine Umkehrung der Bildprojektion auf der Netzhaut, welche aber mit Unendlichwerden und späterer Abnahme verbunden ist. Das Objekt erscheint dann wieder aufrecht. Dies dauert auch hier selbst dann weiter an, wenn S_3 in den vorderen Augenbrennpunkt und darüber hinaus rückt.

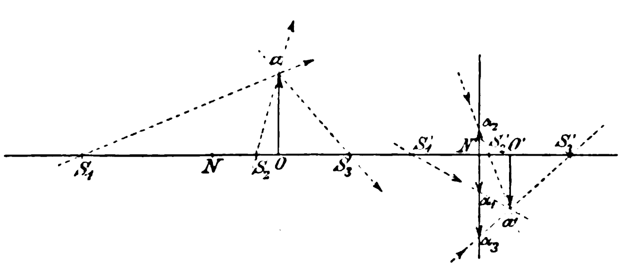


Fig. 2.

Nicht wesentlich verschieden gestalten sich die Verhältnisse, wenn das Objekt selbst dem Auge so nahe ist, dafs es innerhalb der vorderen Augenbrennweite steht. Statt des verkehrten, reellen Bildes $O'a'$ hinter der Netzhaut (Fig. 2) wäre vor derselben und offenbar weiter von N' abstehend als die gröfstmögliche Strecke $N'S_1'$ beträgt, ein aufrechtes, virtuelles Bild zur Projektion auf die Netzhaut von den richtig bestimmten Punkten S' aus zu benutzen. Die Punkte S_3' würden natürlich auch nur virtuell und vor dem Auge sein. was bereits von gewissen Punkten S_2' Geltung hätte.

Wäre das Auge übersichtig oder stände vor einem normalen Auge eine Conkavlinse, so gäbe es keinen reellen Punkt N vor dem Auge, Objektbild und Öffnungsbild müfsten beide stets hinter die Netzhaut fallen, und die Möglichkeiten der Objektwahrnehmung sind auf die des vorigen Falles bei Stellung des Schirmes zwischen Deutlichkeitspunkt und Auge beschränkt.

Mittels Construktionen wie Fig. 1 und Fig. 2 kann man offenbar noch weitere Gröfsenvergleiche für die verschiedenen Möglichkeiten, insbesondere die Grenzstellungen bei möglichster Annäherung von Schirm oder Objekt ans Auge durchführen.

Aus der Betrachtung von Fig. 1 und 2 und dem bereits Gesagten geht im allgemeinen hervor, dafs mit scheinbarer Umkehrung stets verbunden ist das gegenseitige Begegnen und Überschreiten von Schirmöffnung mit Objekt und ebenso von Schirmöffnung mit Deutlichkeitspunkt; im ersteren Falle wächst die Bildgröfse ins Unendliche bis zum Augenblick der Umkehrung, im letzteren nimmt sie ab bis zu Null. Das Begegnen und gegenseitige Überschreiten von Objekt und Deutlichkeitspunkt ist hingegen weder mit Umkehrung noch auch mit Null- oder Unstetigwerden des scheinbar Gesehenen verbunden. Alle Erscheinungen sind mit Hilfe dieser Sätze ableitbar aus der Kenntnis der Wahrnehmung für eine gewisse Anfangslage der mafsgebenden Punkte, also etwa der Kenntnis, dafs durch eine unmittelbar vor das Auge gehaltene kleine Öffnung ein jenseits derselben befindliches Objekt, das ohne Schirm wegen zu grofser Nähe undeutlich erscheint, ziemlich scharf begrenzt und aufrecht gesehen wird. — Zu bemerken ist noch, dafs eine scheinbare Änderung des Wahrgenommenen nicht stattfindet, wenn das Objekt gerade im Deutlichkeitspunkt steht; dann fällt ja sein relles Bild $O'a'$ auf die Netzhaut, und die Wirkung der Schirmöffnung besteht blofs in einer Lichtschwächung; ein Umkehren oder Gröfser- bezw. Kleinerwerden kann durch Verschiebung des Projektionscentrums S' offenbar nicht eintreten.

Sehr einfach erklärt sich aus dem eben Gesagten die Erscheinung, welche darin besteht, dafs einem kurzsichtigen (oder auf zu grofse Nähe akkommodierten) Auge beim Betrachten eines zu weit entfernten Objektes durch eine zuerst dicht vor das Auge gehaltene, sehr enge Öffnung beim allmählichen Entfernen derselben der Gegenstand immer kleiner



zu werden scheint, dafs dagegen bei übersichtigem (oder auf zu grofse Entfernung akkommodiertem) Auge beim Betrachten eines zu nahen Objektes durch die sich allmählich entfernende Öffnung scheinbare Vergröfserung eintritt. Im ersteren Falle nähert sich nämlich der Schirm dem Deutlichkeitspunkte, der zwischen Schirm und Objekt liegt, und da beim Hineinrücken des Schirmes in diesen Punkt die Bildgröfse verschwinden mufs, so nimmt sie eben zuvor beständig ab. Im letzteren Falle aber liegt der Deutlichkeitspunkt entweder überhaupt nicht vor dem Auge oder doch jenseits des Objektes, der Schirm geht also bei seiner Bewegung auf das Objekt selbst zu, und dasselbe wächst scheinbar, da beim Zusammenfallen beider die Bildgröfse unendlich wird. Verkleinert sich also z. B. der Mond scheinbar beim Anblick durch die kleine Öffnung bei Entfernung derselben vom Auge, oder vergröfsert er sich, so hat das Auge nicht die normale Beschaffenheit; man kann hiedurch entscheiden, ob es kurzsichtig oder übersichtig ist; das erstere trifft bei Verkleinerung, das letztere bei Vergröfserung zu. Natürlich ist vorausgesetzt, dafs das Auge dabei sich zu keiner Akkommodation zwingt.

Besonders leicht kann man alle einschlägigen Versuche machen, wenn man ein stark kurzsichtiges Auge hat, da es dann leicht ist, Objekt (etwa Nadel- oder Bleistiftspitze) und Schirm (starkes Papierblatt mit Nadelstich) sowohl diesseits als auch beide jenseits des Deutlichkeitspunktes anzubringen. Als heller Hintergrund ist beispielsweise der Milchglasschirm einer brennenden Lampe empfehlenswert. Bei Stellung des Schirmes jenseits N braucht die Öffnung nicht gar zu klein zu sein; das Öffnungsbild im Auge ist ja bei gröfserer Schirmentfernung an sich kleiner. Allerdings macht sich die Beugung des Lichtes bei diesen gröfseren Schirmabständen schon in ziemlich störender Weise bemerkbar.

Ein praktischer Verteilungswiderstand für Starkstromleitungen.

Von

Joh. Kleiber in München.

Als im Jahre 1898 der physikalische und der chemische Lehrsaal der städtischen Handelsschule in München, samt den zugehörigen Arbeitsräumen an das elektrische Leitungsnetz der Stadt angeschlossen werden sollte, wurde vom Leiter der Schule Herrn Dr. J. Ritz im Verein mit dem Unterfertigten, an die ausführende Baubehörde, der der bekannte Elektriker Uppenborn vorsteht, das Ersuchen gerichtet, die Einrichtung so zu gestalten, dafs die Stromstärke in möglichst kleinen Intervallen differenziiert werden könne. Eine solche Differenziierung war nun nach unseren Überlegungen in zweifacher Weise zu erreichen: a) auf dem gewöhnlichen Wege durch Einschaltung eines variablen Vorschaltwiderstandes, wie das zumeist in den Anstalten beliebt wird; b) durch Anlegung eines variablen Nebenschlusses an einen Widerstand der Hauptleitung.

Der Herr Beleuchtungsinspektor Höchtl, dem der Entwurf und die Oberaufsicht bei der Ausführung der elektrischen Anlage oblag, hat nun in dankenswerter Weise durch die Construktion eines höchst praktischen und eleganten Verteilungswiderstandes die Möglichkeit geschaffen, gleich beide Methoden am selben Apparat zur Anwendung bringen zu können. Da sich nun dieser Verteilungswiderstand bei allen vorkommenden Schulversuchen, ebenso wie bei den Laboratoriumsarbeiten aufs vorteilhafteste bewährt hat, sei es gestattet, hier in Kürze Einrichtung und Wirkungsweise des Apparates[1]) zu besprechen.

1. Einrichtung des Verteilungswiderstandes. (In der Fig. 1 oben links in schematischer Darstellung.) In einem rechteckigen Rahmen (bestehend aus 2 Marmorleisten AA und BB, die durch 2 Eisenschienen xx und yy festgehalten werden) sind 72 Nickelindrahtspiralen zwischen zwei Reihen von Contaktknöpfen eingespannt. Auf jeder Marmorleiste befindet sich aufserdem, frei vorstehend, eine Laufschiene aus Kupfer $\alpha\alpha$ bezw. $\beta\beta$

[1]) Ausgeführt von der elektrotechn. Fabrik von Alois Zettler in München (Schillerstr. 17).



und darauf verschiebbar je ein Contaktbügel U bezw. V. Die letzteren sind so angeordnet, dafs sie bei Verschiebung auf der Schiene die zugeordnete Reihe der Contaktknöpfe und zwar — zur Vermeidung der schädlichen Funkenbildung — ohne Unterbrechung berühren.

Der Hauptstrom HH wird auf der oberen Marmorleiste und zwar zwischen dem Contaktknopf (0) und der Schiene $\alpha\alpha$ zugeleitet; er durchquert also, wenn U auf dem $k$ten Knopf steht, $(2k)$ Spiralen.

Der Nebenschlufs wird auf der unteren Marmorleiste und zwar zwischen dem Contaktknopf 0 und der Laufschiene $\beta\beta$ abgenommen. Steht V auf dem $i$ten Contaktknopf, so umklammert der Nebenschlufs $(2i)$ Spiralen der Hauptleitung. Den Strom im Nebenschlufs wollen wir kurz den Nebenstrom nennen.

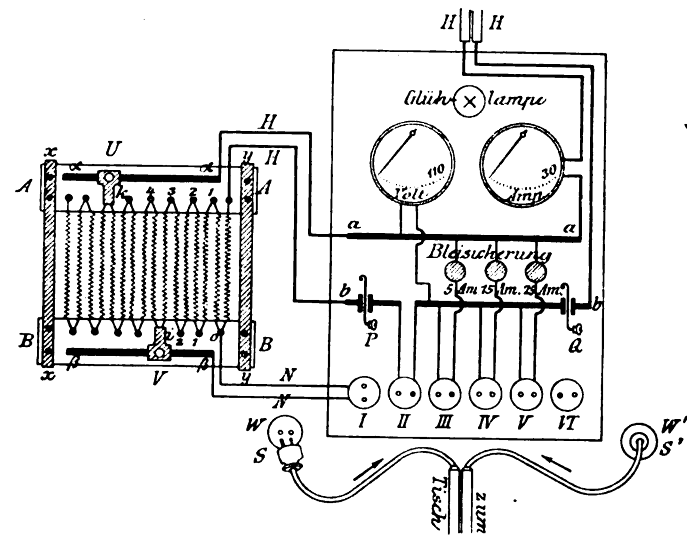


Fig. 1.

2. Abnahme des Nebenstromes. Der Nebenschlufs führt zunächst zum Steckcontakt I auf dem Schaltbrett. Nimmt man bei Gebrauch den Stecker S aus dem Ruhecontakt W an der Wand heraus und steckt ihn bei I fest, so wird der Nebenstrom zum Tisch geleitet und kann dort an verschiedenen Stellen $T, T', \ldots$ abgenommen und zum Versuch verwendet werden. Um dem Vortragenden die Übersicht über die benutzten Stromstärken und Spannungen zu erleichtern, befindet sich sowohl im physikalischen wie im chemischen Lehrsaal je ein kleines, transportables Stromverteilungsbrett. Dasselbe ist in Fig. 2 in vereinfachter Form dargestellt und enthält je ein Präzisionsampèremeter und Präzisionsvoltmeter. Ersteres gestattet Stromstärken bis zu 30 Amp., letzteres Spannungen von 0—15 Volt, 0—150 Volt, 0—250 Volt zu verfolgen (entsprechend seinen drei Wickelungen, wovon die event. benötigte durch den kleinen Umschalter E eingeschaltet werden kann). Aufserdem enthält solch ein Handschaltbrett neben dem Stromzuführungscontakt R einen oder mehrere Abnahmecontakte Z samt den dazu gehörigen Stromausschaltern (in der Fig. 1 ist nur ein Contakt Z skizziert; die Handapparate unserer Schule haben zwei solche).

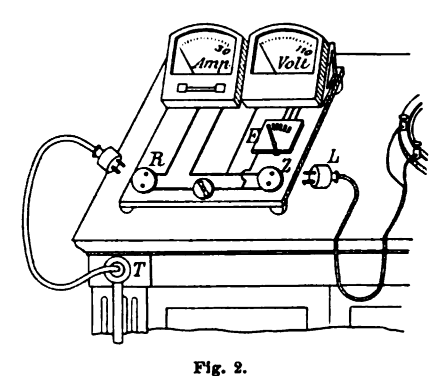


Fig. 2.

Der Nebenstrom wird also vom Tischcontakt T zunächst durch ein kürzeres Stück Leitungskabel bei R dem Handschaltbrett und erst von Z ab durch Einstecken des Litzensteckers L dem Versuchsobjekte zugeleitet. Ein Blick auf das kleine Schaltbrett zeigt dem Experimentator sofort die vom Objekt verbrauchte Spannung und Stromstärke an. (Die Division beider Zahlen giebt auch den Widerstand des Objektes.)

Bei Benutzung des Nebenstromes mufs natürlich der Hauptstrom seinerseits geschlossen sein. Eine genauere Betrachtung des grofsen Wand-Schaltbrettes zeigt, dafs der von oben her zugeleitete Hauptstrom HH die beiden starken Leitungsschienen aa und bb zu durchlaufen hat, um zum Verteilungswiderstand zu gelangen. Auf der Schiene bb befinden sich nun drei Unterbrechungen: bei P, beim Steckcontakt II und bei Q. Soll also der

Hauptstrom im Verteilungswiderstand wirksam werden, so mufs 1. der Hauptausschalter Q geschlossen werden (Wirkung: die Glühlampe brennt, und das Voltmeter zeigt die verfügbare Gesamtspannung der elektrischen Zuleitung); 2. der Steckcontakt II durch einen eigenen, kurzgeschlossenen Stecker überbrückt und 3. auch der Hebelcontakt P niedergedrückt sein.

3. Direkte Benutzung des Hauptstromes. a) Mit Vorschaltwiderstand. Nimmt man den Stecker S aus dem Wandcontakt W und führt ihn statt nach I nach II, so bleibt der Nebenschlufs (I) aufser Spiel. Dafür fliefst nun der Hauptstrom nach Schliefsung von P und Q direkt zu den Tischcontakten $T, T, \ldots$, von wo er abgenommen werden kann. Da in diesem Falle der Hauptstrom ($2k$) Spiralen des Verteilungswiderstandes durchfliefst, so wirkt jetzt der letztere in gewöhnlicher Weise als Vorschaltwiderstand.

b) Ohne Vorschaltwiderstand. Führt man den Stecker S statt nach I und II (diese blieben frei) nach III, so wird wiederum der Hauptstrom zum Tisch geleitet. Aber, da III direkt an die Verteilungsschienen aa und bb angeschlossen erscheint, so geht in diesem Falle der Strom ohne Behinderung durch Widerstand sofort zum Tisch.

Genau wie III wirken die Contakte IV und V, nur mit dem Unterschied, dafs zu III eine Bleisicherung von 5 Amp., zu IV eine solche von 15 Amp., zu V eine solche von 25 Amp. gehört.

4. Bemerkung über das Schaltbrett. Das in der Figur dargestellte Schaltbrett ist dem Fall einer einfachen Stromleitung angepafst (d. h. dem Strom von 1 Dynamo). An unsere Anstalt wird aber der Strom in Form des Dreileitersystems zugeleitet:

Dynamo — a ——— a — + 110 Volt
b Erdschiene b 0 Volt
Dynamo — c ——— c — — 110 Volt

Es ist also in der Fig. 1 unter bb noch eine dritte Schiene cc zu denken. Der Hebel P ist als Doppelhebel construiert, der beim Aufwärtsdrücken den Strom zwischen aa und bb (also 110 Volt Spannung) in den Widerstand liefert, beim Abwärtsdrücken aber den Strom zwischen den Schienen aa und cc (also 220 Volt Spannung).

Wie III, IV, V nur an aa und bb Anschlufs haben, so besitzt der letzte Steckcontakt VI Anschlufs nur an aa und cc, d. h. steckt man S in den Contakt VI, so wird der Hauptstrom mit 220 Volt Spannung (ohne Widerstand!) direkt zum Tisch geleitet.

Unser Schaltbrett ist dementsprechend reicher ausgestaltet als Fig. 1 zeigt. Es besteht aus einer weifsen Marmortafel von 80 cm Breite und 120 cm Höhe, auf welcher von oben nach unten folgende Einzelteile angeordnet sind:

1. Ein Voltmeter (bis 120 Volt), darunter ein Umschalter, der gestattet, mit diesem einen Voltmeter einmal die Spannung zwischen aa und bb, dann die zwischen bb und cc zu messen.

2. Links und rechts hiervon je eine Glühlampe zu 1 Amp., die eine gespeist mit der Spannung zwischen aa und bb, die andere mit der Spannung zwischen bb und cc.

3. Zwei Ampèremeter (je bis 30 Amp.). Das eine giebt die Stromstärke im Hauptstrom, das andere jene im Widerstand.

4. Die drei Leiterschienen aa, bb, cc mit 3×6 Präzisionssilberdrahtsicherungen.

5. Der doppeltwirkende Ausschalter P und der Hauptausschalter Q.

6. Sechs Steckcontakte $I - VI$ mit folgenden Überschriften: I (Verschiedene Spannung vom Widerstand = Nebenschlufs), II (Widerstand als Regulator), III (110 Volt, 5 Amp.), IV (110 Volt, 15 Amp.), V (110 Volt, 25 Amp.), VI (220 Volt, 25 Amp.).

Nimmt man mit S etwa den Nebenstrom aus I ab, so kann man gleichzeitig durch S' aus III, IV, V noch Strom für eine Glühlampe abnehmen. (Eigene Tischleitung für S und S').

5. Wirksamkeit im Nebenschlufs. Wir haben dabei zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Fall: $k > i$.

Nehmen wir an, die Hauptleitung besitze eine Gesamtspannung von (rund) 110 Volt und der Contaktbügel U sei auf den äufsersten Contaktknopf ($k = 36$) geschoben, so ver-

teilt sich die Spannung von 110 Volt auf $36 \cdot 2 = 72$ Spiralen. Von Spirale zu Spirale steigt demnach die Spannung um $110 : 72 =$ rund 1,5 Volt. Da der Nebenschlufs zwischen den unteren Knöpfen 0 und i abgenommen wird, zwischen denen $(i \cdot 2)$ Spiralen des Hauptstromes liegen, so beträgt die im Nebenstrom abgenommene Spannung soviel mal 3 Volt, als der Bügel V Contaktknöpfe beim Verschieben von 0 nach links passiert hat. (Probe am Voltmeter des Handschaltbrettes, wodurch man sehr hübsch das eigentliche 1te Ohmsche Gesetz vom Spannungsabfall in der Leitung zu demonstrieren vermag.)

Steht U allgemein auf dem Knopf k, so drängen sich die 110 Volt schon auf $(k \cdot 2)$ statt auf $(36 \cdot 2)$ Spiralen zusammen. Per Spirale trifft also nun eine Spannung von $110 : (2k)$ Volt. Steht der Bügel V des Nebenschlusses auf den $i$ten Knopf, so ist die

$$\text{Höchstspannung im Nebenschlufs} = \frac{i}{k} \; 110 \text{ Volt}.$$

1. Beispiel. Man wünscht 5 Volt Spannung. Dann mufs, wegen $\frac{i}{k} \cdot 110 = 5$, der Bruch $\frac{i}{k} = \frac{1}{22}$ sein. Man stellt U auf den 22. Knopf, V auf den 1. Knopf ein.

2. Man fordert 10 Volt; dann wird $\frac{i}{k} = \frac{1}{11} = \frac{2}{22} = \frac{3}{33}$. Man hat also 3 Wege frei. Man wählt denjenigen, durch den die Stromdichte per Spirale am geringsten wird, wählt also $k = 33$, $i = 3$.

3. Wird $\frac{i}{k}$ ein Bruch, wobei $k > 36$, $i > 1$ wurde, so sucht man mittelst Kettenbruchentwicklung jenen Näherungswert, für welchen k möglichst grofs aber noch kleiner als 36 ist.

Diese Höchstspannung sinkt sofort, wenn in den Nebenschlufs ein Widerstand eingeschaltet wird.

Die Stromstärke im Nebenschlufs berechnet sich nach folgender Überlegung: Ist W_{ik} der Widerstand zwischen den Contaktbügeln U und V, vermehrt um den Widerstand der ersten Spirale (zwischen den Contaktknöpfen 0, 0), ferner W_i der Widerstand, den der Nebenschlufs am Hauptstrom umklammert und schliefslich x der Widerstand im Nebenschlusse selbst, so ist die

$$\text{Stromstärke im Hauptstrom } J = \frac{110}{W_{ik} + \cfrac{1}{\cfrac{1}{W_i} + \cfrac{1}{x}}} \text{ (Amp.)}$$

$$\text{Stromstärke im Nebenschlufs } j_N = J \cdot \frac{W_i}{W_i + x} = \frac{110}{W_{ik} + x + x \cdot \left(\frac{W_{ik}}{W_i}\right)}$$

Die Bedeutung dieser Formel sei später erläutert.

2. Fall: $k < i$.

Dies tritt ein, wenn sich der untere Bügel V links vom oberen Bügel U befindet. Der Hauptstrom H teilt sich schon bei U: der eine Teil geht durch die $(2k - 1)$ vorderen Spiralen $(= W_k)$, der andere durch die $2(i - k) - 1$ hinteren Spiralen $(= W_{ik})$ und durch den Widerstand x im Nebenschlufs. Vernachlässigt man den Einflufs der ersten Spirale (zwischen den Contaktknöpfen 0, 0), so kann man jeden der bezeichneten Teile als Hauptstromleiter mit 110 Volt Spannung betrachten. Die Wirkung im Nebenschlufs x ist also in diesem Fall im wesentlichen genau dieselbe, als ob wir den Apparat x direkt unter Benutzung des Steckcontaktes II (statt I) an die Hauptleitung angeschlossen und den Bügel U statt auf den Knopf k auf den Knopf $(i - k)$ eingestellt hätten.

Wegen dieser Äquivalenz und besonders auch wegen der Gefahr, welche beim Hinausschieben von V über U durch das überhohe Glühen der Spiralen hervorgerufen wird, vermeidet man den hier besprochenen Fall 2 (d. i. $k < i$) beim gewöhnlichen

Arbeiten ganz. Will man ihn doch in gewissen Fällen benutzen, so mufs man, schon bevor man den Hauptstrom bei Q schliefst, die inverse Stellung: $i > k$ vorbereitet haben.

Um das schädliche Glühen der Spiralen hintanzuhalten, soll der Hauptstrom nicht über 5 Amp. steigen, also durchschnittlich 14 Spiralen zu durchlaufen haben, d. h. die Bügel U und V sollen stets um mindestens 7 Knöpfe abstehen. Dies gilt besonders für kleine Widerstände x. Ist x dagegen grofs, so dürfen U und V noch näher zusammengeschoben werden.

6. Vorteil beim Gebrauch des Nebenschlusses. Hätte man den Apparat x direkt bei H an den Hauptstrom angeschlossen und den Bügel U auf den Knopf $(k-i)$ gestellt, so hatte der Strom durch die Widerstände $W_{ik} = 2 \cdot (k-i)$ Spiralen und x zugehen. Die zugehörige Stromstärke wäre in diesem Falle

$$j_H = \frac{110}{W_{ik} + x}.$$

Vergleicht man hiermit die unter No. 5 gefundene Formel für die Stromstärke im Nebenschlufs (U auf dem $k$ten, V auf dem $i$ten Knopf):

$$j_N = \frac{110}{W_{ik} + x + \underbrace{x \cdot \left(\frac{W_{ik}}{W_i}\right)}_{w}}$$

so ergiebt sich, dafs der Nebenschlufs wirkt wie ein Hauptschlufs, dem man den variablen Hilfswiderstand

$$w = x \cdot \left(\frac{W_{ik}}{W_i}\right) = x \cdot \left(\frac{k-i}{i}\right)$$

vorschaltet. Dafs dieser Widerstand variabel ist, sieht man wie folgt ein: Verschiebt man U und V gleichzeitig um gleichviel Knöpfe, so ändert sich W_{ik} nicht. Die Formel für j_N zeigt aber deutlich, dafs sich dabei nur der Hilfswiderstand ändert.

Da je 36 Contaktknöpfe bei unserem Apparat vorhanden sind, so kann der Hilfswiderstand bei constant gehaltenem x noch volle $\varrho_{ik} = 36 - [k-i]$ Werte annehmen! Da der Durchschnitt der ϱ_{ik} rund 18 ist, so bietet die Schaltung im Nebenschlufs eine rund 18 mal reichere Mannigfaltigkeit von Stromstärken zur Auswahl dar, als der gewöhnlich benutzte Anschlufs an den Hauptstrom.

Kleine Mitteilungen.

Die Abkühlung vertikal aufsteigender Luft.

Von Dr. **F. Koerber** in Gross-Lichterfelde bei Berlin.

In der Sammlung physikalischer Aufgaben von Dr. Müller-Erzbach (Berlin 1892) lautet die Aufgabe 509: „Bis zu welcher Temperatur wird trockene Luft von 15° abgekühlt, wenn sie von der Meereshöhe aus 300 m in die Höhe steigt?“ Als Lösung hierzu heifst es S. 119: „Durch die Erhebung um 300 m nimmt der Barometerstand um 28 mm ab, also findet man die Endtemperatur x aus der Gleichung $\frac{273+15}{273+x} = \frac{760}{760-28}$, oder $x = 4{,}4^0$.“ — Offenbar glaubt Verf. hier also das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz $\frac{vp}{v'p'} = \frac{T}{T'}$, unter Hebung von v gegen v' anwenden zu dürfen, was völlig unzulässig ist. Sollte sich das Volumen der betrachteten Luftmenge nicht ändern, so könnte dies nur dadurch erzielt werden, dafs man dieselbe in ein geschlossenes Gefäfs einschliefst, es findet alsdann aber innerhalb des Gefässes auch keine Druckänderung statt. Denkt man sich jedoch die Luft in freier Atmosphäre, so wird der Druckverminderung eine Volumenvergrösserung folgen, und da in diesem Falle $pv = p'v'$ ist, so müfste auch $T = T'$ sein, d. h. die Mariotte-Gay-Lussacsche Formel ist

gänzlich unfähig, die Temperaturabnahme aufsteigender Luft zu erklären. Für den Fall eines stationären Zustandes ist im vorliegenden Falle vielmehr die sogenannte Poissonsche Gleichung anzuwenden:

$$\frac{T}{T_1} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

wo T die absoluten Temperaturen, p die zugehörigen Drucke und $k = 1{,}41$ das Verhältnis der spezifischen Wärmen bedeutet. Nach dieser Formel findet man als Endtemperatur im obigen Beispiel $x = 11{,}87^\circ$, sodafs auf 100 m Erhebung rund 1° Temperaturabnahme erfolgt. Entsprechend giebt auch Sprung in einem sehr erschöpfenden Aufsatz der Meteorologischen Zeitschrift (*1888, S. 467*) für den Fall des indifferenten Gleichgewichts an, dafs die Temperatur für je 100 m Erhebung um 0,993°, also in arithmetischer Reihe proportional der Erhebung sinkt. Die Formel $\frac{p}{p_1} = \frac{T}{T_1}$ würde nach Sprung nur in dem nicht reellen Falle gelten, dafs der Luftdruck der Höhe proportional abnähme.

Über die Ursache der Abkühlung aufsteigender Luft hat merkwürdigerweise bis vor kurzem selbst unter den Meteorologen vielfach noch Unklarheit geherrscht, obwohl bereits von Bezold in seinen Studien „zur Thermodynamik der Atmosphäre“, und auch Sprung in dem oben citierten Aufsatz die Sache völlig einwandfrei klargestellt hatten. Durch Guldberg und Mohn wurde in einer in der österreichischen Zeitschrift für Meteorologie 1878 veröffentlichten Arbeit die irrige Ansicht ausgesprochen, dafs die in Frage stehende Abkühlung auf den Wärmeverbrauch zurückzuführen sei, der der Leistung der Hebungsarbeit der betreffenden Luftmasse entspricht. Diese Ansicht hat trotz ihrer leicht nachweisbaren Unrichtigkeit ziemlich weite Verbreitung gefunden, und da auch kürzlich noch A. Schmidt in Stuttgart auf derselben fufste, so hat von Bezold neuerdings noch einmal das Wort ergriffen und in einem ganz allgemeinverständlich gehaltenen Aufsatze[1]) in aller Ausführlichkeit den Nachweis wiederholt, dafs beim Aufsteigen von Luft in einem stationären Strome und unter normalen Verhältnissen von einer Hebungsarbeit nicht die Rede sein kann, dafs vielmehr lediglich die mit der Erhebung eintretende Expansion die Temperaturerniedrigung bedingt. Würde eine von gewichtsloser Hülle zusammengehaltene und vom Vakuum umgebene Luftmasse emporsteigen, so würde allerdings Hebungsarbeit zu leisten sein, in der Atmosphäre aber ist bekanntlich der hydrostatische Auftrieb ebenso wirksam wie im Wasser, die Luft wird hier also von ihrer Umgebung vollständig getragen und es ist daher beim Aufsteigen keine Arbeit zu leisten, senkt sich doch gleichzeitig eine entsprechende Menge Luft, um an die Stelle der aufgestiegenen zu treten, sodafs der Schwerpunkt eines gehörig grofs genommenen Luftvolumens seine Lage nicht ändert. Eine aus der Hubarbeit folgende Abkühlung könnte demnach ebensowenig beobachtet werden, wie eine solche bei vertikalen Strömungen im Wasser stattfindet. Der Unterschied zwischen Luft und Wasser besteht aber in der Expansionsfähigkeit der ersteren und diese, unter Überwindung des äusseren Luftdrucks stattfindende Ausdehnung bedingt allerdings einen Wärmeverbrauch, wie er thatsächlich beobachtet wird. Sprung sowohl wie v. Bezold haben auch gezeigt, dafs die fingierte Hubarbeit und die wirklich geleistete Expansionsarbeit einander nicht gleich, sondern nur proportional sind. Das Verhältnis ist das der spezifischen Wärmen $c_p : c_v = 1{,}41$; nur unter der ganz unberechtigten Annahme, dafs man bei Berechnung der Hebungsarbeit c_p als spezifische Wärme benutzen dürfte, dafs also die Wärmeentziehung bei constantem Druck erfolgen könnte, ergäbe sich als Temperaturerniedrigung der um dh gehobenen Luft der richtige Wert:

$$dt = -\frac{A}{c_p}\, dh,$$

wo A das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit bedeutet.

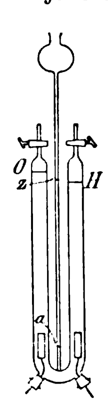
[1]) Meteorologische Zeitschrift XV, 1898, S. 441—448.

Die Verwendung von Hofmanns Wasserzersetzungsapparat als Voltameter.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Der wohl in den meisten Sammlungen vorhandene Hofmannsche Wasserzersetzungsapparat besitzt vielfach kalibrierte Gasansammlungsröhren und ist dann aufser zum Vergleich der entwickelten Gasvolumina auch als Voltameter verwendbar. Indessen wird wohl meistens von einer derartigen Verwendung abgesehen wegen des grofsen Widerstandes, also der erheblichen Dauer eines quantitativen Versuches, sowie wegen der notwendigen Umrechnung der Gasmengen auf normalen Druck. Darin, dafs es so äufserst bequeme Voltameter anderer Art giebt (vgl. Kolbe, *diese Zeitschr. X, 75*, Handl, *X, 304*), dürfte jedoch kein Grund gegen die Benutzung des Apparates zu dem erwähnten Zwecke gelegen sein. Denn gerade die gelegentliche Verwendung verschiedener Construktionen des Voltameters, sowie die Benutzung mehrerer Apparate bei Stromverzweigungen scheint dem Verfasser von besonderem unterrichtlichen Werte zu sein. Aufserdem ist der auf geringe Mittel angewiesene Lehrer genötigt, mit dem Vorhandenen möglichst viel zu machen.

Um den Hofmannschen Apparat in ein bequem verwendbares und ziemlich genaues Voltameter zu verwandeln, braucht man nur an dem mittleren langen Trichterrohre des Apparats zwei Marken *a* und *z* (s. Figur) in der zu beschreibenden Weise anzubringen und bei jedem Messversuche die wegen der geringen Weite dieser Röhre nur kleine Zeit zu messen, die beim Ansteigen der Flüssigkeit von *a* bis *z* vergeht. Die Lage der unteren Marke ist beliebig; man bezeichnet sie vorläufig mit einem straff befestigten Faden oder dünnem Draht. Später kann man, wenn es passen sollte, diese Marke zur Abrundung des Gasvolumens noch etwas höher oder tiefer legen. Die Marken macht man schliesslich mit dem Schreibdiamanten und kann zur Hervorhebung derselben für die Augen der Schüler kleine Papierfähnchen seitlich ankleben. Um die Lage der oberen Marke festzustellen, füllt man die Gasansammlungsröhren vollständig mit der Zersetzungsflüssigkeit und verschliefst die oben befindlichen Hähne. Nun hat man die Flüssigkeit aus dem Trichterrohre bis zur unteren Marke zu entfernen. Hierzu wird man entweder den an der unteren Umbiegung der Röhren angebrachten Rohransatz und Hahn benutzen, oder man verwendet eine lange, unten zur Spitze ausgezogene Glasröhre als Stechheber. Der Lehrer, bezw. der Schüler — denn die Herrichtung des Apparates eignet sich auch wohl dazu, einem gewandten Schüler übergeben zu werden — wird hierbei die Erfahrungen berücksichtigen, die man beim Titrieren über das Nachrinnen der an den Wänden adhärierenden Flüssigkeit machen kann. Der Schüler wäre also darauf aufmerksam zu machen, dafs man die Flüssigkeit aus dem unteren Rohransatz nur ganz langsam ausfliefsen lassen darf, oder dafs man bei Entleerung mit dem Stechheber ein Ansteigen des Niveaus bei *a* während einiger Minuten abwarten muss; besonders dürfte davor zu warnen sein, beim Eingiefsen in den Trichter Verschwendung zu treiben. Hat man einen unveränderlichen Stand der Flüssigkeit bei *a* erreicht, so lässt man die Zersetzung beginnen. Die obere Marke *z* soll so gelegen sein, dafs man bei Benutzung des Apparates als Voltameter nicht nötig hat, eine Umrechnung des Volumens des entwickelten Gases auf Normaldruck wegen des vorhandenen grösseren Druckes der verdünnten Schwefelsäure vorzunehmen. Man sieht sofort ein, dafs dies dann der Fall ist, wenn Marke *z* annähernd in der Höhe des ersten Drittels des Niveauunterschiedes zwischen den Flüssigkeiten *O* und *H* (s. Figur) in den beiden Gasansammlungsröhren liegt. Man läfst daher, um den richtigen Ort für *z* zu finden, die Gasentwicklung so lange vor sich gehen, bis die Flüssigkeit etwas über das Niveau in der Röhre mit Wasserstoff gestiegen ist. Mnn schickt nun vorsichtig noch einige Stromstöfse durch den Apparat, bis ein angelegter Mafsstab ergiebt, dafs die Flüssigkeit den zu markierenden Punkt erreicht hat. Sind so die Marken festgelegt, so ist das Gesamtvolumen der während des Ansteigens der Flüssigkeit von *a* bis *z* sich entwickelnden Gasmengen zu finden.





Hierzu wird der Apparat wieder in die Verfassung gebracht, welche er zu Beginn der soeben beschriebenen Zersetzung hatte; d. h. die Gase müssen entfernt, das Flüssigkeitsniveau mufs bis *a* herabgebracht werden. Man setzt nacheinander auf die beiden oberen Hahnrohransätze einen Gummischlauch und saugt langsam die Flüssigkeit bis an den Hahn empor. Es gelingt dies auch dem im chemischen Arbeiten weniger Geübten leicht, wenn der Schlauch über dem Hahne mit den Fingern zusammengedrückt und nach dem Öffnen des Hahnes während des Saugens der Schlauch leise gelüftet wird. Man kann ferner ein langsames Ansaugen durch fortschreitendes Drücken des Schlauches nach oben hin (ähnlich der peristaltischen Darmbewegung) erreichen. Aufserdem gelingt die Vorbereitung des Apparates, wenn man auf die Mündung des Trichterrohres einen Kork setzt, in dessen Durchbohrung eine Rohrverbindung angebracht ist, durch welche Luft eingeblasen wird, oder man erwärmt das luftdicht abgeschlossene Trichterrohr. Zur Messung des Volumens der Röhre zwischen *a* und *z* füllt man eine genau kalibrierte Bürette mit Wasser[1]) und befestigt sie mittels Stativ und Tischchen hoch über dem Wasserzersetzungsapparat so, dafs die Ausflufsröhre der Bürette noch etwas in das Rohr unterhalb des Trichters hineinragt. Bei langsamem Auffüllen und Rücksicht auf das Nachrinnen ist es möglich, das Volumen bis auf weniger als $\frac{1}{2}$ % Abweichung festzustellen. Ist ein unterer Rohransatz vorhanden, so kann man den Apparat bis *z* mit Wasser füllen und das Gewicht desselben nach langsamem Ausfliefsen in ein gewogenes Kölbchen zur Volumbestimmung benutzen. Das durch mehrmalige Messung gefundene Volumen wird auf 0° und den Normal-Barometerstand unter Berücksichtigung des Dampfdruckes des Wassers reduziert. Diese Bestimmung wird am besten an einem Tage ausgeführt, an welchem Druck und Temperatur die durchschnittlich im Physikzimmer vorhandenen Werthe haben. So erhält man eine Constante des Apparates, welche bei Berechnung der Stromstärke für den Unterricht gebraucht werden kann. Nur bei aufsergewöhnlich starken Abweichungen der Temperatur und des Druckes, die das Volumen in gleichem Sinne beeinflussen, möchte man auch für den Unterricht eine Umrechnung nötig finden.

Der auf Benutzung einfacher Hülfsmittel angewiesene Lehrer kann den Apparat zum Aichen anderer Strommesser gebrauchen. Die erreichbare Genauigkeit ist verhältnismäfsig nicht unbedeutend. Um eine Aichung von Galvanoskopen auszuführen, benutze man eine Stromverzweigung; das Voltameter befinde sich im Hauptstrome, das Galvanoskop nebst einem bekannten grossen Widerstande im Nebenschlufs zu einem geringen, ebenfalls bekannten Widerstande. Bei ganz empfindlichen Apparaten kann man an den einen Nebenschlufs einen zweiten in gleicher Weise anfügen.

Natürlich wird man zur Ausnutzung der Genauigkeit des einfachen Apparates die für alle Wasservoltameter geltenden Vorschriften nicht aufser acht lassen hinsichtlich der Sättigung der Zersetzungsflüssigkeit mit Sauerstoff, sowie der Benutzung nicht zu starker Säure.

In dem vom Verfasser vorgerichteten Apparate lieferte der Strom von 3 kleinen Groveelementen 15,1 ccm Knallgas (reduziertes Volumen) in 197 Sekunden. Die Abweichungen der bei unmittelbar aufeinander folgenden Versuchen festgestellten Zeiten betrugen nur ausnahmsweise 2 Sekunden. Die in so kurzer Zeit gemessene Stromstärke war also 15,1 . 60 : 197 . 10,44 oder 0,44 A.

Werkstätten, die den Hofmannnschen Apparat mit den beiden Marken am Trichterrohr für den Gebrauch als Voltameter liefern wollen, sind darauf aufmerksam zu machen, dafs nicht der oben als „Constante“ bezeichnete reduzierte Wert, sondern das wirkliche Volumen zwischen den beiden Marken dem Apparate aufzuschreiben ist.

Versuche zur Wegnahme des Sauerstoffs aus der Luft.

Von **O. Ohmann** in Berlin.

Für die Wegnahme des Sauerstoffs aus einem abgeschlossenen Luftquantum und den damit zusammenhängenden Nachweis des Stickstoffs sowie Feststellung des Verhältnisses von Stickstoff zu Sauerstoff, liegt eine gröfsere Anzahl von Versuchen vor. Der Phosphorversuch

[1]) Beim späteren Gebrauche dürfen natürlich Gasansammlungsröhren und Trichterrohr nicht ungleich concentrierte Säure enthalten.



und noch besser der Versuch mit Pyrogallussäure in alkalischer Lösung geben wohl die genauesten Resultate, sind aber beide aus methodischen Gründen bei der Luftuntersuchung noch nicht zu verwenden. Das Erhitzen von Kupferspänen im Verbrennungsrohr ist wertvoll, der Versuch ermangelt jedoch der Einfachheit. Den Sauerstoff durch Kohlensäure liefernde Substanzen, wie brennende Kerze, Spiritus zu entfernen — was noch zuweilen in Schullehrbüchern angegeben wird — ist für ein exaktes Vorgehen, das keine Unklarheiten zuläfst, jedenfalls nicht brauchbar. Wenn es sich vorerst mehr um den Nachweis des Stickstoffs als um die genaue Feststellung des berührten Verhältnisses handelt — was bei der Luftuntersuchung der Fall ist —, so dürfte der in dieser Zeitschrift (*X 172* und *XI 268*) beschriebene Versuch mit Eisenpulver am Magneten anderen Metallverbrennungen vorzuziehen sein.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, wie man auch den brennenden Wasserstoff zur Sauerstoffwegnahme und zu einer sehr zufriedenstellenden Bestimmung des Verhältnisses von $N:O$ verwerten kann. Die Versuche sollen kein Ersatz der oben genannten Versuche sein, sondern es ist gedacht, dafs sie in die Durchnahme des Wassers oder in das Studium der allgemeinen Verbrennungserscheinungen eingeflochten werden.

1. Eine mehrfach gebogene Glasröhre g (Fig. 1) ist bei k durch einen Kautschukschlauch mit einem Kippschen Apparat verbunden. Den mit e bezeichneten Teil der Röhre (das Ende zur Spitze auszuziehen, empfiehlt sich nicht) steckt man in die Öffnung der herausgenommenen Brücke B und setzt beides in die mit gefärbtem Wasser gefüllte Wasserwanne W.

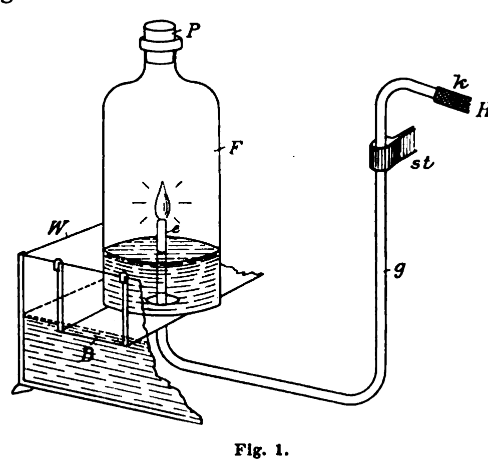


Fig. 1.

Dann läfst man Wasserstoff zuströmen, entzündet und macht die Flamme zuerst so klein wie möglich. Hierauf stülpt man eine schlanke Flasche ohne Boden F, (Lumen 12 cm, Höhe 36 cm) über, indem man im Momente des Aufsetzens den Kautschukpfropfen P genügend lüftet, und macht die Flamme etwas gröfser. Die Stellung der Röhre g ist am Stativ st vorher so zu regulieren, dafs e nur etwa 2 cm über das emporgestiegene Wasser hinausragt. Die Flamme brennt nur einige Zeit wie gewöhnlich, sie wird bald eigentümlich matt blau und schliefslich fast farblos; immerhin läfst sich aber noch genau erkennen, wann das Verlöschen eintritt. In diesem Augenblick schliefst man den Hahn des Gasentwicklers. (Man kann auch schon etwas früher den Gasstrom mindern, da sonst in der letzten Sekunde vor dem Verlöschen leicht etwas unverbrannter Wasserstoff mit einströmt, der aber das Versuchsresultat nicht nennenswert beeinträchtigt.) Das Wasser, das sich schon während des Brennens etwas gehoben hat, steigt sogleich nach dem Verlöschen erheblich und erreicht nach einiger Zeit der Abkühlung etwa dieselbe Höhe wie beim Phosphorversuch. Vor diesem hat aber der beschriebene Versuch aufser der gröfseren Einfachheit voraus, dafs nicht die undurchsichtigen, den Verbrennungsprozess ganz verdeckenden Dämpfe gebildet werden, und dafs man sogleich den reinen Stickstoff nachweisen kann, da das Verbrennungsprodukt sofort nach dem Entstehen durch Condensation unschädlich gemacht wird.

2. Man kann später, bei der Durchnahme des Leuchtgases oder der allgemeinen Verbrennungserscheinungen den Versuch (mit Wasserstoff) wiederholen und, sobald der stationäre Zustand erreicht ist, eine Marke beim Wasserniveau anbringen, um dann denselben Versuch mit Leuchtgas vorzunehmen und zu zeigen, dafs das Wasser wegen der gleichzeitigen Bildung von Kohlensäure und der dadurch beeinträchtigten Verbrennung den vorherigen Stand nicht ganz erreicht. Bemerkenswert ist, dafs bei der Anwendung von Leuchtgas die Flamme sich eigentümlich verlängert; sie scheint auch besonders empfindlich zu sein, denn bei schnellerem Aufsetzen des Propfens P geht sie zusammen und verlischt zuweilen ganz. Die Röhre darf ziemlich eng, aber nicht zur Spitze ausgezogen sein; sonst tritt regelmäfsig, auch beim vor-

sichtigsten Aufsetzen des Pfropfens, das Verlöschen ein. Jedenfalls walten hier, wie bei den ganzen Versuchen, eigentümliche Verhältnisse ob, die zu spezialisierter Untersuchung auffordern.

3. Eine nicht uninteressante Abänderung des obigen Versuches, eine Verbrennung im Kolben ohne Anwendung der Wasserwanne, hat folgende Anordnung (Fig. 2). Ein rechtwinkliges Glasrohr *r* (ohne Spitze, Lumen 4 mm), das durch den Schlauch *s* mit dem Kippschen Apparat verbunden ist, wird durch den Kautschukpfropfen *P* geführt. Der Schlauch *s* trägt noch einen geöffneten Quetschhahn *q* (sehr empfehlenswert ist der Quetschhahn mit Schnäpper, d. Ztsch. *X 215*). Der Pfropfen *P* pafst in einen nicht zu dünnwandigen kugeligen Kolben *K* (Inhalt 1 l), der in ein Stativ gespannt ist, und es werden die Abmessungen vorher so getroffen, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist. Man nimmt *r* samt *P* wieder aus dem Kolben heraus, läfst Wasserstoff durchströmen und macht nach dem Entzünden die Flamme zuerst sehr klein, giebt auf die Fläche *o* des Pfropfens noch etwas Wasser aus der Spritzflasche und bringt die Flamme in den Kolben hinein, wobei man für festen Verschlufs sorgt. Die Flamme verhält sich im ganzen wie beim obigen Versuch, es ist ihr Verlöschen genau zu beachten und sogleich der Hahn des Gasentwicklers und dann der Quetschhahn *q* zu schliefsen. Das Ende des Schlauches *s* hängt man in ein Gefäfs mit Wasser, läfst noch kurze Zeit abkühlen und öffnet langsam den Quetschhahn, worauf das Wasser springbrunnenartig eindringt und das Gefäfs bis knapp $^1/_5$ anfüllt. Der Versuch ist trotz der Hitze der Wasserstoffflamme ungefährlich.

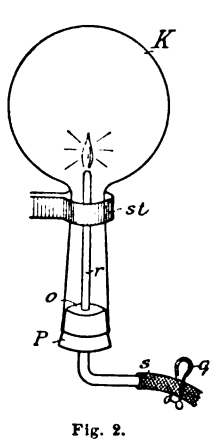


Fig. 2.

4. Auch mit reinem Sauerstoff ist dieser letztere Versuch ausführbar. Man fülle denselben Kolben durch Luftverdrängung mit Sauerstoff (vergl. d. Ztschr. *XI 227*), verschliefse mit einem Kautschukpfropfen und bringe ihn in umgekehrter Stellung in das Stativ (wie in Fig. 2). Man benutzt nun genau dieselbe Montierung wie beim vorigen Versuch, entzündet den Wasserstoff, läfst den undurchbohrten Kautschukpfropfen herabfallen und fährt schnell mit der Flamme in den Kolben. Das Brennen dauert geraume Zeit (etwa 8 Min). Eigentümlich ist, dafs die Flamme nach dem Einführen sich zuweilen erheblich verkleinert, indem sie nicht nur an der Mündung brennt, sondern sich noch einige cm in die Röhre hinein erstreckt. Einige Zeit vor dem Verlöschen verlängert sie sich wieder, und es empfiehlt sich, den Gasstrom etwas zu mindern. Nach dem Verlöschen und Abschliefsen mufs man wegen der gröfseren Hitze etwas länger abkühlen lassen, besonders weil beim Öffnen des Quetschhahnes der Wasserstrahl sogleich bis oben hindringt. Das Wasser sprudelt mit andauernder Lebhaftigkeit in den Kolben, es bleibt jedoch noch ein kleines Luftsegment übrig. Um die Natur desselben festzustellen, zieht man zunächst das Glasrohr *r* bis in den Pfropfen *P* zurück, wendet den Kolben, ersetzt den Pfropfen *P* schnell durch den undurchbohrten, stellt den Kolben auf einen Strohkranz und bringt noch ein Stativ heran. Man nähert einen brennenden Holzspahn und öffnet: ein zuweilen ziemlich kräftiges Verpuffen zeigt, dafs das Gas zumeist Wasserstoff ist, der eindrang, als die Flamme sich dem Verlöschen näherte. Die Ungefährlichkeit auch dieses Versuches beruht darauf, dafs der Expansion des Sauerstoffs durch das Verzehren desselben das Gleichgewicht gehalten wird und dafs andererseits am Schlufs nach gänzlicher Condensation der Wasserdämpfe kein völliges Vakuum entsteht. — Will man zu den Versuchen den Wasserstoff trocknen, so ist ein Trockenturm mit schwefelsäure-getränktem Bimsstein am geeignetsten.

Modell zur Veranschaulichung des Stromlaufs in Drehstromleitern.

Von Dr. **J. Mooser** in St. Gallen.

Das Modell hat den Zweck, ein deutliches Bild zu geben vom Anwachsen und Abnehmen der Stromstärken, sowie vom Wechseln der in den Fernleitungen eines dreiphasigen Wechselstromsystemes verlaufenden Ströme.

Mit Hilfe eines Räderwerks lassen sich drei rechteckförmige Blechflügel, deren lange Mittellinien in einer Ebene parallel liegen, in eine Drehung von gleicher Richtung und von



gleicher Geschwindigkeit bringen. Die Flügel befinden sich im Innern von an einem Holzgestell befestigten Glasröhren. Diese Glasröhren stellen die Drehstromleiter dar und die Projektionen der Breiten der Bleche veranschaulichen die in Drehstromleitern verlaufenden

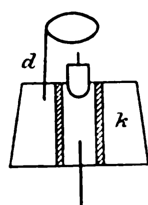


Wechselströme Betrachtet man einen sich drehenden Flügel aus einer etwas gröfseren Distanz, so sieht man, wie die scheinbare Breite desselben zu- und abnimmt, und zwar ist sie (die Projektion der Breite) dem sinus des Drehungswinkels proportional, wie die Stromstärke des reinen Wechselstroms. Das Wechseln des Stromes wird durch die verschiedene Farbe der Seiten des Flügels, sowie durch Pfeile angegeben. Die drei Flügel sind so gestellt, dafs ihre Richtungen, den Phasen der Wechselströme eines Drehstroms entsprechend, Winkel von 120° miteinander bilden. Beim Drehen der Kurbel wird das Spiel der Ströme in den drei Leitungen ausserordentlich deutlich veranschaulicht.

Dieses Modell wird von der Firma Max Kohl in Chemnitz i S. zum Preise von 40 M. hergestellt.

Für die Praxis.

Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze. Der früher von mir beschriebene Versuch (vgl. d. Zeitschr. *XII 30*) gestaltet sich einfacher und vollkommener, wenn man zur Absorption der Verbrennungsprodukte statt des Ätznatrons, das sehr rasch zerfliefst und dadurch den Glimmercylinder bald unbrauchbar macht, Natronkalk verwendet. Ferner ist es zweckmäfsig, anstatt des im Cylinder angebrachten Schutzbleches, im Korke *k* (s. Fig.) einen Eisendraht *d* zu befestigen, welcher oben zu einem horizontalen Ringe umgebogen ist, auf den man eine kreisförmige Asbestplatte von 1,5 *cm* Durchmesser legt. Der aus dem Korke hinausragende Teil des Drahtes *d* ist 2 *cm* lang.



Zur Absorption verwendet man 19 g Natronkalk. Bei dieser Belastung sinkt eine Schwimmerwage mit einer Kugel von 6 *cm* Durchmesser gerade bis zum Drahthalse ein, wenn der Kork 36 *g* Schrot enthält. Zur Verbrennung eignet sich am besten ein Wachskerzchen. *M. Rosenfeld*, *Teschen.*

Stromspectra. Von **A. Zinger** in Moskau. Zur Demonstration der Verteilung der elektrischen Stromlinien in zwei Dimensionen scheint mir eine Methode geeignet zu sein, die eine gewisse Ähnlichkeit mit der Methode der Beobachtung magnetischer Kraftlinien mittelst sogenannter magnetischer Spektra hat.

Auf eine Glasplatte wird ein Stück Filtrierpapier gelegt, das mit irgend einem Elektrolyten getränkt und mit feinen Metallfeilspähnen bestreut ist. In zwei oder mehreren Punkten legt man die Elektroden an, die mit einer genügend kräftigen Stromquelle verbunden werden (bei meinen Versuchen — eine Dynamomaschine von 100—110 V.). Wird der Strom geschlossen, so tritt, infolge des an jedem Feilspahne stattfindenden elektrolytischen Niederschlages, das Bild der Verteilung der Stromlinien bald ganz deutlich hervor. Bei verschiedenen Combinationen in Bezug auf Anzahl, Lage und Form der Elektroden erhält man die verschiedensten Figuren, die auch zur Illustration mancher hydrodynamischer Erscheinungen nützlich sein können. Schöne Figuren erhält man u. a., wenn man in dem Wege des Stromes leitende oder nicht leitende Einsätze verschiedener Form macht. Als leitende können Metallplatten, als nicht leitende Ausschnitte in dem Papier dienen.

Von allen von mir untersuchten Salzlösungen gab die Zinkvitriollösung mit Zinkfeilspähnen das beste Resultat. Beim Gebrauche von Bleizuckerlösung mit Bleispähnen erhält man sehr deutliche aber schnell verschwindende Zeichnungen.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Meldesche Röhren zur Prüfung des Mariotteschen und Gay-Lussacschen Gesetzes. In den Vierteljahrsberichten z. Förd. des physik. u. chem. Unterrichts 1900 Heft 1 macht E. Maiss nähere Mitteilungen über Versuche mit den Meldeschen Röhren, die bereits im I. Jahrg. d. Zeitschr. (S. 168) kurz beschrieben sind[1]). Man benutzt zweckmäfsig eine Barometerröhre von 800 cm Länge und 3 mm Durchmesser, an jedem Ende bringt man einen eng anliegenden Ring mit Drahtbügel an, so dafs man die Röhre in den zwei entgegengesetzten Lagen (Öffnung nach unten oder nach oben) vertikal aufhängen kann. In die Röhre, die sorgfältig calibriert und mit einer am geschlossenen Ende beginnenden Millimeterteilung versehen ist, bringt man eine Quecksilbersäule von 20 bis 30 mm Länge. Ist das Quecksilber chemisch rein und luftfrei, und ist die innere Röhrenwand vor der Füllung gut gereinigt worden, so bildet diese Quecksilbersäule einen gut zusammenhängenden, längs der Röhre leicht verschiebbaren Körper und zugleich einen luftdichten Abschlufs für die im Innern abgesperrte Luft.

Man giebt nun der Röhre nacheinander die drei Hauptlagen: a) vertikal, mit der Öffnung oben, b) horizontal, c) vertikal mit der Öffnung unten; dadurch stellt man die Luft nacheinander unter die Drucke $b+h$, b, $b-h$, wenn b den herrschenden Barometerstand, h die Länge des Quecksilberfadens in der Röhre bezeichnet. Das Luftvolumen ist bei constantem Querschnitt der Länge l der Luftsäule proportional, es mufs daher das Produkt aus der Länge l und dem Druck (p) constant sein, wenn das Gesetz von Mariotte (Boyle) richtig ist. Versuche in der Unterrichtsstunde ergaben nun für die 3 vorher bezeichneten Lagen folgende Werte:

	l	p	$l.p$
a	10,8	99,7	1077
b	14,3	75,2	1075
c	21,3	50,7	1080
a	11,8	99,5	1175
b	15,6	75,2	1173
c	23,1	50,8	1173

	l	p	$l.p$
a	24,4	98,7	2413
b	32,1	75,4	2420
c	46,7	51,9	2424
a	24,5	98,9	2418
b	32,0	75,4	2413
c	46,6	51,9	2418

Legt man die Röhre auf ein Stellbrett, das unter verschiedenen Winkeln α gegen die Horizontalebene eingestellt werden kann, so lassen sich noch weitere Versuche hinzufügen, bei denen die Drucke, je nachdem das offene Ende nach oben oder unten gerichtet ist, durch $b + h \sin \alpha$, bezw. $b - h \sin \alpha$ dargestellt sind.

Zur Prüfung des Gay-Lussacschen Gesetzes dient eine ebensolche Röhre, in die aber behufs guter Trocknung der Luft eine kleine Menge reiner Schwefelsäure gebracht ist. Zu diesem Zwecke giefst man durch einen kleinen Trichter erst das Quecksilber in die Röhre, auf dieses ein paar Tropfen Schwefelsäure und dann wieder ganz wenig Quecksilber; kehrt man die Röhre um, so steigt die Schwefelsäure über die innere Quecksilbersäule. Die so hergerichtete Röhre wird mittelst Korkscheiben in ein weiteres Glasrohr (Mantelrohr) eingesetzt, das mit Zuflufs- und Abflufsröhrchen für Kühlwasser oder Dampf versehen ist. Neben dem Barometerrohr ist in der Höhe der abgesperrten Luftsäule ein Thermometer angebracht. Bei vertikaler Stellung der Röhre wurden z. B. nach Aufhören des Dampfstroms abgelesen:

[1]) Der Verfasser obiger Mitteilungen, Dr. Eduard Maifs, Professor an der I. Staatsoberrealschule in Wien II, ist am Schlusse der Sommerferien, den 13. September d. J. einem Herzschlage erlegen. Er redigierte die Vierteljahresberichte des Wiener Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts seit ihrer Begründung im Jahre 1896. Die Methodik des physikalischen Unterrichts verliert in ihm einen ihrer eifrigsten und thätigsten Förderer.

am Thermometer:	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°
am Barometerrohr:	462	449	436	423	411	398	385 mm.

Da der Druck $b - h$ sich während der Versuche nicht geändert hat, so müssen die Quotienten l/T constant sein, wenn l die Länge der Luftsäule, T die absolute Temperatur bedeutet. In der That findet man den Wert der Quotienten = 1,27 bis auf die zweite Dezimale constant.

Auch der Ausdehnungscoëffizient der Luft und der Nullpunkt der absoluten Temperatur kann durch irgend ein paar der eben angeführten Werte bestimmt werden, z. B. folgt aus

$$\frac{398}{T+40} = \frac{385}{T+30} \text{ der Wert von } T = 272{,}2.$$

Zweckmäfsiger ist es, einen direkten Versuch anzustellen und das Volumen der Luft so zu wählen, dafs bei 1° Temperaturänderung das Volumen sich grade um eine Volumeinheit ändert. Dann ist der Ausdehnungscoëffizient der Luft $1/l$, wenn l die Länge der Luftsäule (bei 0°) bezeichnet. Man kann das richtige Volumen leicht durch Neigung der Barometerröhren herstellen.

Die Röhre läfst sich auch, wennschon umständlicher, zur Prüfung des Gay-Lussacschen Gesetzes für Druckänderungen bei constantem Volumen verwenden; hierbei mufs die Öffnung nach oben gekehrt sein und das Volumen durch Auffüllen von Quecksilber constant erhalten werden. (In diesem Fall würde eine einfache Form des gewöhnlichen Luftthermometers vorzuziehen sein.)

Endlich ist die Röhre, durch gleichzeitige Änderung von Temperatur und Neigung der Röhre auch zur Prüfung des combinierten Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes geeignet. *P.*

Zwei chemische Versuche. Zwei leicht auszuführende Abänderungen bekannter Versuche bringt der „*Scientific American*".

Der erste betrifft den Schwefelwasserstoff, der in einer Entwicklungsflasche auf die gewöhnliche Weise aus Schwefeleisen und Säure hergestellt wird. Das Gasableitungsrohr wird mit einem längeren Schlauche versehen, auf diesen ein fein ausgezogenes Glasrohr gesetzt und das Gas entzündet. Es verbrennt bekanntlich mit bläulicher Flamme vollständig nach der Gleichung $H_2S + 3O = H_2O + SO_2$. Leitet man nun aber die Flamme auf die Oberfläche von Wasser, so ist die Verbrennung infolge der dadurch hervorgerufenen Abkühlung nur eine unvollkommene und vollzieht sich jetzt nach der Gleichung $H_2S + O = H_2O + S$. Wenn man *a* (s. Fig. 1) zur Hand nimmt und rasch mit der Flamme über die Oberfläche hinfährt, kann man dort durch die Abscheidung des Schwefels Schriftzeichen von metallisch schimmerndem Glanz hervorrufen, bei langsamer Bewegung erscheint die Wasserfläche schliefslich sehr hübsch marmoriert. Der Schwefel senkt sich bald in weifsen Fäden zu Boden.

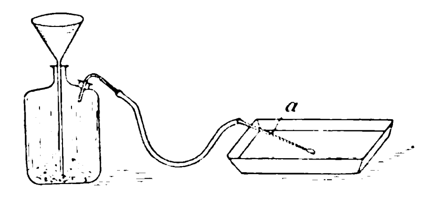


Fig. 1.

Der zweite Versuch betrifft den Phosphorwasserstoff (PH_3). Die Gewinnung dieses Gases, dem eine geringe Menge des zugleich entstehenden flüssigen P_2H_4 die Selbstentzündlichkeit verleiht, ist trotz aller Vorsichtsmafsregeln nicht immer ganz gefahrlos, sobald man Phosphor und Kalilauge anwendet. Viel einfacher geschieht die Darstellung mittelst Calciumphosphids, das durch die Vereinigung von Phosphordampf mit glühendem Ätzkalk entsteht (Heumann S. 540). Ein wenig von dieser Substanz zersetzt sich in einem Kelchglase mit Wasser; der Prozefs verläuft im allgemeinen nach der Gleichung $Ca_3P_2 + 3H_2O = 2PH_3 + 3CaO$. Der Phosphorwasserstoff steigt sofort empor und bildet die bekannten hübschen Ringe von Phosphorpentoxyd ($2PH_3 + 8O = P_2O_5 + 3H_2O$). Streut man nun bei der Wiederholung des Versuches auf die Oberfläche des im Kelchglase (Fig. 2) befindlichen Wassers gleich

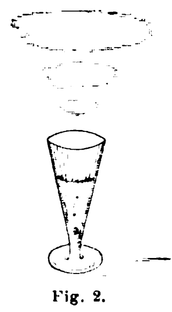


Fig. 2.

nach dem Einwerfen des Phosphorkalkes eine etwa 1 mm hohe Schicht von feinem, trockenem Sägemehl, so sammelt sich darunter das Gas in Gestalt einer Blase, die bald platzt, und trotzdem, dafs das spez. Gewicht des Phosphorwasserstoffs (1,176) etwas gröfser ist als das der Luft, wird doch das Sägemehl infolge der bei der Oxydation gebildeten Wärme in grofsen Ringen in die Höhe getrieben. *J.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die elektrische Entladung in verdünnten Gasen. Untersucht man das Potentialgefälle zwischen den Elektroden einer Geifslerschen Röhre, durch die ein constanter Strom fliefst, so ist, wie Hittorf und Warburg gezeigt haben, die Potentialdifferenz zwischen der Kathode und der Aufsenseite des negativen Glimmlichtes eine constante Gröfse, die aber vielmal gröfser ist als die Potentialdifferenz zwischen irgend zwei gleich weit von einander entfernten Punkten in dem übrigen Teil der Röhre. Vorausgesetzt ist dabei, dafs zwischen Kathode und Gas keine chemische Einwirkung stattfindet und dafs das negative Glimmlicht weder die ganze Kathode bedeckt, noch die Rohrwand berührt. Dieser Potentialsprung zwischen Kathode und Glimmlicht wird das „Kathodengefälle“ genannt und beträgt etwa 300 Volt. Ein ähnliches „Anodengefälle“ besteht auch an der Anode; es wurde von Skinner näher untersucht. *(Wied. Ann. 68, 752; 1899.)* Zur Füllung der Röhren diente reiner Stickstoff, da nur hier constante Werte erhalten wurden. Das Anodengefälle hing ab von dem Material und der Oberflächenbeschaffenheit der Anode und betrug zwischen 18—35 Volt, also durchschnittlich noch nicht den zehnten Teil des Kathodengefälles. Das Anodengefälle ist unabhängig von der Stromstärke, wächst aber langsam bei Zunahme des Gasdrucks, bei verschiedenen Metallen mit verschiedener Geschwindigkeit. Je gröfser bei einem Metall das Anodengefälle, um so kleiner ist das Kathodengefälle, um so kleiner ist gleichzeitig der Potentialgradient in der Nähe der Anode. Ist das positive Glimmlicht geschichtet, so wird die Potentialdifferenz zwischen der Anode und einem in kurzer Entfernung von ihr gelegenen Punkte ein Minimum, in unmittelbarer Nähe der Anode dann sogar negativ. Der nahe der Anode gelegene Raum mit niedrigem Potentialgradienten erstreckt sich um so weiter in das Rohr hinein, je gröfser das Anodengefälle ist.

Während Skinner nur mit Stickstoff arbeitete, stellte H. A. Wilson analoge Versuche aufser mit Stickstoff auch mit Wasserstoff und Luft an und fand die Skinnerschen Ergebnisse bestätigt. *(Phil. Mag. 49, 505; 1900.)* Wilson mafs die Potentialdifferenz zwischen zwei 1,5 mm von einander entfernten Platindrähten, die in das Rohr eingeschmolzen waren; durch Verschiebung der beweglichen Elektroden konnte jeder Teil der Entladung zwischen die Platindrähte gebracht werden. Bei einigen Versuchen wurden die Platinsonden durch feine Quecksilberstrahlen ersetzt. Skinner stellt das Potentialgefälle in den Röhren graphisch durch Kurven dar. Bei dem gewöhnlichsten Typus der Entladung, einer einfachen positiven Lichtsäule, stieg die „elektrische Intensität“ an beiden Enden der Säule etwas an, um dann zu einem kleinen Wert zu fallen. Die Erhebung vor dem Sinken ist an dem positiven Ende der positiven Lichtsäule oft sehr bedeutend. Das Vorzeichen des Potentialgradienten wird in der That in der Nähe der Anode umgekehrt. Falls nicht etwa die eingeführten Sonden die Entladung an diesen Stellen der Röhre störend beeinflussen und dadurch diese Umkehrung bewirken, mufs man annehmen, dafs an jenen Stellen die Quelle einer elektromotorischen Kraft besteht; dieselbe könnte wohl durch positive Ionen erzeugt werden, die infolge des plötzlichen Potentialgefälles an der Oberfläche der Anode von dieser fortgeschleudert werden.

Eine Abnahme der Stromstärke zeigt eine wesentliche Änderung der Gradientenkurve. Ist das positive Licht geschichtet, so zeigt die Kurve ein den Schichten genau entsprechendes Steigen und Fallen der „elektrischen Intensität“. Die Änderungen der letzteren nahe der positiven Elektrode sind sehr ähnlich denen zwischen der positiven Lichtsäule und der negativen Elektrode, allerdings auf einen viel kleineren Raum zusammengedrängt. Wie Thomson gezeigt hat, mufs die Intensitätskurve nach oben conkav sein, wo die Ionen sich vorzugsweise bilden, dagegen nach unten conkav, wo die Wiedervereinigung der Ionen

überwiegt. Bei dieser Annahme würde an den der Anode naheliegenden Stellen, ebenso an der Stelle des negativen Glimmlichts und im Faradayschen dunklen Raum starke Ionenbildung stattfinden.

Wilson mafs auch die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des verdünnten Gases während der Entladung. Zu dem Zwecke wurden an den Enden der vorherbenutzten Sonden kleine Platinplatten angelötet, zwischen denen der Strom eines Clarkelementes durch das Gas hindurchgeleitet wurde. Der Strom zwischen diesen kleinen Elektroden ändert sich nicht im gleichmäfsigen positiven Licht. Im Faradayschen dunklen Raum wird die Leitfähigkeit viel geringer; in der Nähe des negativen Glimmlichts wächst sie, um in dem Crookesschen dunklen Raum zu einem sehr kleinen Wert herabzusinken. In der Nähe der Anode ist die Leitfähigkeit ebenfalls sehr klein. Zwischen den Schichten des positiven Lichtes fällt die Leitfähigkeit. Im allgemeinen leiten also die hellen Teile der Entladung besser als die dunkeln. Wahrscheinlich befördert die von der Entladung erzeugte Strahlung die Ionenbildung an den kleinen Platinelektroden und steigert dadurch die scheinbare Leitfähigkeit der Strahlen aussendenden Teile der Entladung.

Das für die gewöhnlichen Gase schon öfters gemessene „Kathodengefälle“ suchte Strutt auch für die Edelgase Argon und Helium zu bestimmen. (*Phil. Mag. 49, 293; 1900*). Die von ihm angewandte Methode ergab für Wasserstoff 298 Volt, d. h. fast genau den von Warburg gefundenen Wert (300 Volt). Die mit Helium gefüllte Röhre zeigte zuerst noch Spuren von Stickstoff, und das Kathodengefälle betrug dann 350 Volt. Ein Aluminiumdraht als Kathode wurde durch den Strom erhitzt und absorbierte den Stickstoff; das Kathodengefälle des so gereinigten Heliums war dann im Mittel 226 Volt. Im Argon fand Strutt bei Benutzung von Platinelektroden im Mittel ein Kathodengefälle von 175 Volt, bei Aluminiumelektroden 100 Volt. Eine ganz ähnliche Abnahme des Kathodengefälles hatte Warburg für Wasserstoff gefunden, wenn er statt Platin Aluminiumelektroden benutzte.

Eigentümliche Lichterscheinungen beobachtete Strutt in einer mit verdünntem Argon gefüllten Kugel, wenn eine Leydener Flasche durch eine Drahtrolle, innerhalb deren die Kugel lag, entladen wurde. Sobald der Druck niedrig genug war, um die Entladung durch das Gas hindurchzulassen, erschien ein roter Ring in der Kugel, gerade an der Innenseite der Drahtrolle. Bei geringerem Druck breitete sich der rote Ring aus, und ein dünner Ring glänzenden blauen Lichtes erschien an dem äufseren Teil der Kugel. Bei noch weiterer Verdünnung dehnte sich das blaue Licht nach innen zu aus, um endlich, wenn die Entladung nur noch mit Mühe hindurchging, die ganze Kugel zu erfüllen. Die elektrodenlose Entladung zeigt also in sehr deutlicher Weise die zuerst von Crookes wahrgenommene Umwandlung des roten Glimmlichtes bei Argon in blaues. Das rote Licht erhält man bei hohem Gasdruck und schwacher Entladung, das blaue bei niedrigem Druck und sehr starker Entladung. — Im Helium zeigte die elektrodenlose Entladung gelbes Licht, sonst jedoch keine besonderen Eigentümlichkeiten.

Wird ein Gas durch Einwirkung von Röntgenstrahlen leitend gemacht, so wächst der zwischen zwei in dem Gase befindlichen Elektroden entstehende Strom nicht proportional mit der Potentialdifferenz, sondern erreicht bei constanter Strahlung einen Maximalwert. Dieser „gesättigte“ Strom tritt dann auf, wenn die zur Stromleitung dienenden Ionen ebenso rasch verbraucht werden, als sie durch die Strahlung entstehen. Nach dieser Auffassung mufs das Verhältnis der Sättigungsströme zweier Gase die relative Zahl der bei beiden Gasen durch die Strahlung erzeugten Ionen ergeben. Strutt bestimmte nun die Sättigungsströme bei Luft und Helium und fand, dafs das Verhältnis beider, wenn die Röntgenstrahlen 10 Sekunden einwirkten, 1 : 0,44 betrug. Daraus folgt, dafs im Helium etwa halb so viel Ionen als in Luft erzeugt werden.

Argon und Helium sind einatomige Gase. Wenn jede elektrische Entladung durch Ionen vermittelt und diese Ionen durch einen Dissociationsprozefs erzeugt werden, so mufs man annehmen, dafs die Ionen der einatomigen Gase in noch etwas kleineres gespalten werden. Aus den Versuchen Strutts geht hervor, dafs Argon und Helium die Entladung



in normaler Weise leiten. Ist das „Kathodengefälle“ ein Mafs für die Energie, die zur Ionisierung eines Gases unter Einwirkung eines elektrischen Stromes verbraucht wird, so zeigen die Versuche, dafs die Ionisierung des Argons und Heliums etwas leichter bewirkt wird als die anderer Gase. Dafs die Ein-Atomigkeit eines Gases aber kein wesentlicher Faktor für die Leichtigkeit der Ionenbildung ist, geht daraus hervor, dafs Quecksilberdampf unter dem Einflufs der Röntgenstrahlen viel besser leitet als Luft, während Helium nur halb so gut leitet wie Luft. Für eine Eigentümlichkeit der einatomigen Gase, dafs Aluminiumkathoden in ihnen sprühen, konnte der Verf. eine Erklärung nicht finden.

Die Lichterscheinungen verdünnter Gase in Geifslerschen Röhren werden von Temperaturveränderungen erheblich beeinflufst. Goldstein und Hittorf haben zuerst diese Einwirkung festgestellt; ebenso beschrieb Wesendonck den Einflufs eines glühenden Körpers auf das Leuchten des Gases. Zu einem genaueren Studium dieser Erscheinungen benutzte J. Stark (*Ann. d. Physik, I 424; 1900*) eine Hochspannungsbatterie von 2000 Akkumulatoren; als Entladungsröhren dienten teils grofse Glühlampen, teils 40 cm lange Röhren mit 1 cm langen Aluminiumstiften als Elektroden. Die Erhitzung des verdünnten Gases wurde durch deltaförmige Kohlenfäden bewirkt, die senkrecht zur Strombahn in verschiedenen Abständen in das Gas eingesenkt waren. War nun die Spannung zwischen den Elektroden der Röhren so grofs, dafs die Entladung gerade nicht mehr eintreten konnte, so erfolgte sie sofort, sobald einer jener Kohlenfäden in Rot- oder Weifsglut versetzt wurde. Wurde die Kathode selbst in Glut versetzt, so erhielt man bei einer relativ geringen elektromotorischen Kraft schon eine leuchtende Glimmentladung. Durch Erhitzung des Gases wird also die Entladespannung herabgesetzt. Auf demselben Grunde beruht das Zurückweichen der zwischen Heizkörper und Anode befindlichen Schichten nach der Anode zu, was besonders auffallend ist, wenn der Heizkörper die Kathode selbst ist.

Damit durch die Erhitzung die Stärke des Gasstromes nicht erheblich geändert werden konnte, nahm Stark für weitere Versuche die Entladespannung um einige 100 Volt höher als diejenige, die zur Unterhaltung der Entladung gerade ausreicht. Unter diesen Umständen wird durch den weifsglühenden Heizkörper das positive Glimmlicht sehr geschwächt oder ganz ausgelöscht; in geschichtetes Licht schneidet der Heizkörper einen dunkeln Raum ein. Das negative Glimmlicht wird durch einen in ihm liegenden Heizkörper stark geschwächt, aber nicht gänzlich ausgelöscht. Besonders deutlich tritt der Einflufs der Erhitzung auf das elektrische Leuchten hervor, wenn die Oberfläche des Heizkörpers grofs ist zu den Dimensionen der Entladebahn. Eine Erklärung dieses Einflusses findet der Verf. in der Annahme einer Dissociation des Gases durch Erhitzung. Die Dissociation, Zerfällung in Ionen, bewirkt, dafs das Gas unter dem Einflufs elektrischer Ladungen nicht mehr phosphoresziert. Die Erhitzung wäre hiernach nur die indirekte Ursache des Verschwindens des Leuchtens.

Um zu einem tieferen Verständnis des Einflusses der Erhitzung auf das elektrische Leuchten zu gelangen, unternahm Stark eine genauere Untersuchung der Spannungs- und Intensitätsverhältnisse an den verschiedenen, hellen und dunkeln Stellen der Entladungsröhre bei partieller Erhitzung der einzelnen Teile (*Ann. d. Physik, 3. 221 u. 243; 1900*). Die Erhitzung erfolgte wieder durch Kohlenfäden; durch Aluminiumsonden wurden Spannungsdifferenz und Stromstärke im Heizungsgebiete bestimmt. Die in allen Teilen der Entladung vorgenommenen Messungen ergaben, dafs sich die dunkeln und die hellen Stellen je unter sich gleich verhalten. Bei einer partiellen Erhitzung der leuchtenden Räume nimmt mit steigender Temperatur das Spannungsgefälle ab, die Stromstärke zu. In den dunkeln Räumen dagegen bewirkt eine Erhitzung des Kohlenfadens unter Rotglut eine Vergröfserung des Gefälles und Verringerung der Stromstärke; wird die Erhitzung weiter bis zur Weifsglut geführt, so steigt die Stromstärke wieder stark an und das Gefälle nimmt ab.

Da schon bei einer gewöhnlichen Entladung ohne Erhitzung in einem leuchtenden Raum das Spannungsgefälle ein relatives Maximum, in einem dunkeln ein relatives Minimum ist, so liegt die Vermutung nahe, dafs auch die vom Verf. beobachtete thermische



Auslöschung des elektrischen Leuchtens mit dem Spannungsgefälle im Zusammenhang stehe. Wie die Untersuchung zeigt, wird aber in einem leuchtenden Raum durch Temperaturerhöhung das Spannungsgefälle erniedrigt, d. h. in ein Minimum gedrückt, und es gilt daher wohl der Satz, dafs ein elektrisch durchströmtes Gas da ein relatives Minimum des Leuchtens hat, wo das Spannungsgefälle ein Minimum hat.

Während Stark bei allen seinen Versuchen immer partielle Erhitzungen der verschiedenen Gebiete des Entladungsraums vornahm, erwärmte G. C. Schmidt die ganze Vakuumröhre gleichmäfsig innerhalb eines mit Asbest ausgefütterten eisernen Kastens bis zu 300° und untersuchte die dadurch hervorgerufene Veränderung der Entladung in der mit Stickstoff gefüllten Röhre auch bei verschiedenen Drucken (*Ann. d. Physik I, 625; 1900*). Bei gesteigerter Temperatur zerfiel das ungeschichtete positive Licht in Schichten, bei noch höherer Temperatur zog es sich nach der Anode zurück, sodafs die Entladung eine dunkle wird. Schaltet man jedoch eine Funkenstrecke vor, so leuchtet die Röhre wieder, woraus hervorgeht, dafs die Leuchtfähigkeit des Gases bei jener Temperatur noch nicht aufgehört hat. Den Einflufs der Temperatur auf das Potentialgefälle prüfte Schmidt durch besondere in die Röhre eingeschmolzene Platinsonden. Obwohl das Kathodengefälle mit steigender Stromstärke zunimmt, nimmt der Potentialgradient im positiven Licht auch bei höheren Temperaturen mit der Stromstärke ab, ist also vom Kathodengefälle unabhängig. Bei constanter Gasdichte blieb der Gradient unabhängig von der Temperatur; beim Erwärmen unter constantem Druck dagegen nahm der Gradient ab, und zwar langsamer als die Gasdichte. Das Kathodengefälle war, solange die Kathode von dem Glimmlicht nicht ganz bedeckt und nicht bis zur Weifsglut erhitzt ist, unabhängig von der Temperatur. Erst wenn die Kathode weifsglühend ist, sinkt das Kathodengefälle. In der dunkeln Entladung nimmt der Gradient bei constanter Gasdichte mit der Temperatur zu, bei constantem Druck dagegen mit der Temperatur ab. Die Gesamtpotentialdifferenz zwischen den Elektroden nimmt mit steigender Temperatur anfangs langsam, dann rasch ab, erreicht ein Minimum, um dann wieder zu steigen. Dieses Minimum liegt bei derselben Röhre bei einer um so niedrigeren Temperatur, je geringer die Anfangstemperatur oder je geringer der Anfangsdruck ist.

Wie Hittorf bereits 1879 gezeigt hat, wird eine durch eine Vakuumröhre gehende unstetige Entladung in ihrer Stärke verändert, wenn man die Röhre mit der Hand berührt. Geladene und ungeladene Körper, die dem Entladungsgebiet in verdünnten Gasen genähert werden, beeinflussen, wie auch Lehmann nachwies, die Entladung. Wird den Elektroden einer Vakuumröhre eine Spannung zugeführt, die gerade hinreicht, um die Entladung einzuleiten, so tritt diese nicht ein, wenn man vor Schliefsung des Stromkreises in die Nähe der Kathode einen Leiter legt; Berührung der Anode übt keine Wirkung aus. Durch den der Kathode genäherten Leiter wird die Dichte der von der Kathode zur Anode laufenden Kraftlinien verringert und die für den Eintritt der Entladung notwendige Spannung erhöht. Lädt man anderseits die Elektroden auf eine Spannung, die zur Entladung gerade nicht mehr ausreicht und nähert einer Elektrode eine gleichnamige Ladung (geriebenen Glas- oder Kautschukstab), so wird, wie Stark (*Ann. d. Physik, I, 430; 1900*) zeigt, die Entladung momentan ausgelöst; das gleiche erfolgt, wenn man eine ungleichnamige Ladung entfernt. Hier wird offenbar die Spannung zwischen beiden Elektroden erhöht und das Eintreten der Ladung dadurch erleichtert.

Ist die Spannung der Elektroden nicht viel höher als die Entladespannung, so wird die Entladung unstetig, und es treten an der Kathode mechanisch-akustische Schwingungen auf, die einen Ton erzeugen. Durch Leiter, die der Kathode genähert werden, kann die Höhe dieses Tones verändert werden. Die Ursache der Schwingungen ist in elektrostatischen Anziehungen und Abstofsungen zwischen Kathode, der negativ geladenen Röhrenwand oder einem genäherten Leiter zu suchen. Legt man einen Stanniolstreifen in der Nähe der Kathode lose um die Röhre, so gerät dieser ebenfalls in Schwingungen, und der so verstärkte Ton ist bis auf 20 m Entfernung hörbar. Schliefst man an den Stanniolstreifen eine



Kapazität an, so wird der Ton um so tiefer, je gröfser die Kapazität ist. Ist der Ton nicht sehr hoch, so wird ein zwischen Stanniolstreifen und Kapazität eingeschaltetes Telephon zum Tönen gebracht. Es werden in dem Stanniolstreifen durch die Potentialschwankungen in der Röhre elektrische Schwingungen induciert, deren Periode zwischen den langsamen Wechselstromschwingungen und den schnellen Hertzschen liegt.

Stark brachte als Elektroden in eine enge Röhre senkrecht zu ihrer Achse zwei leicht federnde Drähte in einer Entfernung von 50 cm von einander. War die Röhre so weit evakuiert, dafs die Entladespannung mehr als 1500 Volt betrug, so geriet beim Durchgang einer unstetigen Entladung die Kathode in starke Schwingungen, während die Anode vollkommen still stand. Die Ausschläge der schwingenden Kathode sind um so gröfser, je höher die Entladespannung ist. Da diese durch Erhitzung herabgesetzt wird, so werden die Ausschläge der Kathode bei Erwärmung kleiner, bei Weifsglut hören sie ganz auf. Dafs die beschriebenen Schwingungen nicht auch an der Anode auftreten, liegt nach des Verf. Ansicht in dem Umstande, dafs hier die Potentialschwankungen weniger stark sind als an der Kathode. Überhaupt steht in einem verdünnten Gas die Entladung in einer gewissen Abhängigkeit von der Entladung an der Kathode, sodafs Störungen an der Kathode die ganze Entladung beeinflussen.

Ein mit einem Pol eines Rühmkorffschen Apparats verbundener Metalldraht umgiebt sich mit einer Lichthülle, wenn der Stromkreis des Rühmkorff einen Funkenerreger oder eine Crookessche Röhre enthält. Aufser dieser Lichthülle bemerkt man noch kleine leuchtende Sterne in fast gleichen Abständen längs des Drahtes. Diese Erscheinung prüfte Borgmann an Drähten, die sich innerhalb langer Glasröhren befanden, bei verschiedenen Graden der Verdünnung der die Röhren erfüllenden Gase. (*C. R. CXXX, 1179; 1900.*) Die Drähte waren aus Platin und hatten 0,1 mm Dicke; das eine Ende war isoliert, das andere mit dem einen Pol des Rühmkorff verbunden. Je mehr die Luft in der Röhre verdünnt wurde, um so weniger lebhaft war der Glanz der Lichthülle, um so deutlicher aber wurden die leuchtenden Punkte. Bei einer bestimmten Verdünnung bildet sich um jeden dieser Punkte eine dünne, schwach leuchtende Gasschicht senkrecht zum Draht. Bei noch weitergehender Verdünnung nahmen die transversalen Gasschichten an Zahl und Ausdehnung zu; endlich verschmolzen sie zu einer das ganze Innere der Röhre erfüllenden, aber noch geschichteten Gasmasse. Welcher Pol dabei mit dem Draht in Verbindung steht, ist gleichgiltig.

Die Lichterscheinungen werden noch interessanter, wenn man im Nebenschlufs eine Funkenstrecke und einen Condensator mit variablem Plattenabstande einschaltet. Bei einer Funkenlänge von weniger als 3 mm treten eine Reihe eigentümlicher Erscheinungen auf, die der Verf. durch Abbildungen erläutert; in diesem Falle ist es nicht gleichgiltig, mit welchem Pol der Draht verbunden wird. Bei einer Verbindung mit dem positiven Pol zeigen sich z. B. eine Reihe leuchtender Scheiben, die in gleichen Entfernungen den Draht umgeben und deren Zahl mit dem Druck, dem Potential und dem Durchmesser der Röhre abnimmt. Bei geringen Drucken nehmen die Scheiben die Form biconkaver violetter Linsen an, deren Durchmesser mit zunehmender Verdünnung wächst und die bei sehr niedrigem Druck schliefslich mit einander verschmelzen. Bei negativem Polanschlufs werden die Erscheinungen wesentlich andere. Man bekommt hier deutliche Einwirkungen eines Hufeisenmagneten, die darauf hindeuten, dafs radiale Kathodenstrahlen von dem Draht ausgehen. Bei einer Funkenlänge von mehr als 3 mm haben alle Erscheinungen denselben Charakter wie ohne Funkenstrecke. *Schk.*

Becquerelstrahlen. Die von den radioaktiven Körpern ausgehenden Strahlen umfassen zwei verschiedene Gruppen: die eine, den Kathodenstrahlen ähnlich, ist im magnetischen und elektrischen Feld ablenkbar, die andere Gruppe ähnelt mehr den Röntgenstrahlen, ist nicht ablenkbar und enthält Strahlen von verschiedener durchdringender Kraft. Villard untersuchte die durchdringende Kraft der beiden Strahlenarten in der Weise, dafs er sie im magnetischen Felde auf zwei übereinandergelegte photographische



Platten wirken liefs, von denen die obere beide Strahlenarten, die untere nur die nicht ablenkbaren aufnahm (*C. R CXXX, 1178; 1900*). Die letzteren zeigten sich dabei viel durchdringender als die ersteren; eine Glasscheibe von 1 cm Dicke hält die ablenkbaren Strahlen völlig zurück und schwächt die andern nur sehr wenig. Geht die Gesamtstrahlung durch mehrere Schirme hintereinander, so bewirken die ersten eine bedeutende Absorption, während die folgenden Schirme den Rest der Strahlung nur wenig schwächen.

Der erste Körper, bei dem Becquerel die eigentümliche Strahlungsfähigkeit feststellte, das Uran, ist durch die viel stärker wirkenden Baryumsalze etwas in den Hintergrund gedrängt worden, und die weiteren Entdeckungen über die Eigenschaften der Strahlen wurden mit Körpern gemacht, die eine erheblich gröfsere Radioaktivität besafsen als Uran. Und doch ist es von grofsem Interesse zu erfahren, ob die ursprünglichen „Uranstrahlen" alle jene weiteren Eigenschaften ebenfalls besitzen. Das hat Becquerel festzustellen gesucht (*C. R. CXXX. 1583; 1900*). Die sehr geringe Intensität der Uranstrahlen und folglich lange Expositionszeit bei den photographischen Versuchen machen die Beobachtungen hier viel schwieriger. Um eine Ablenkung der Uranstrahlen nachzuweisen, wendete Becquerel seine schon für die Radiumstrahlen benutzte Methode an. Auf eine in schwarzes Papier gehüllte Platte wurde der Schatten eines senkrecht zur Platte stehenden Schirmes, der parallel den Kraftlinien des Magnetfeldes steht, projiziert. Die Expositionszeit dauerte mehrere Tage. Mit einem Felde von 1500 C.-G.-S erhielt man einen Schatten des Schirmes, der zeigte, dafs ein Teil der Strahlung in derselben Richtung wie die Kathodenstrahlen abgelenkt wird. Das Produkt $H . \varrho$ (Magnetfeld $\times$ Krümmungsradius der Strahlenkurve) war von derselben Gröfsenordnung wie für die entsprechenden Radiumstrahlen.

Weiter untersuchte Becquerel das Uranpräparat darauf hin, ob die Strahlung dem Uran eigentümlich ist oder ob der Grund dafür in einer anderen dem Uran beigemengten Substanz zu suchen ist (*C. R. CXXXI. 137*). Er benutzte dabei ein von Debierne angegebenes Verfahren, das darin besteht, dem in Wasser gelösten Uranchlorür eine gewisse Menge Baryumchlorür beizumengen und das Baryum als Sulfat zu fällen. Man erhält dann ein sehr aktives Baryumsulfat, während das zurückbleibende Uransalz weniger aktiv ist als nachher. Entsprechend der Menge des hinzugefügten Baryums erhält man ein mehr oder weniger aktives Sulfat und ein mehr oder weniger geschwächtes Uransalz. Wiederholt man dieselbe Operation mehrmals, so wird das niedergeschlagene Baryumsulfat immer weniger aktiv und die relative Verringerung der Aktivität des Urans nimmt immer mehr ab. Der Verf. studierte sowohl mit der photographischen Platte als mit dem Elektroskop die abnehmende Intensität desselben Produkts nach 18 derartigen Operationen. Doch glaubt er aus seinen Versuchen noch nicht bestimmt entscheiden zu können, ob das Uran eine eigene Radioaktivität besitzt oder ob diese vielleicht doch von einer fremden Beimengung herrührt.

In ganz anderer Weise wie Becquerel deutet Lengyel die von ihm angestellten Versuche über eine gegenseitige Einwirkung von Uran- und Baryumsalzen (*Ber. der deutschen chem. Ges. 33, S. 1237; 1900*). Das nicht aktive Baryumnitrat wurde mit Uranylnitrat zusammengeschmolzen, geglüht und in Salpetersäure gelöst; mit Schwefelsäure liefs sich dann radioaktives Baryumsulfat als feiner weifser Niederschlag fällen. Lengyel glaubt hier auf künstlichem Wege eine Substanz hergestellt zu haben, die alle Eigenschaften der radioaktiven Stoffe, Wirkung auf die photographische Platte, auf den Leuchtschirm und Leitendmachen der Luft, besitzt. Da er aber selbst erwähnt, dafs seine künstliche Substanz „vielleicht von einer Spur Uran" gelblich erscheint, so wird man die Strahlungsfähigkeit vielleicht eben dieser Beimengung zuzuschreiben haben. Nach der Ansicht von Debierne (*C. R. CXXXI. 335*) werden in jenem chemischen Prozefs durch die Baryumsalze andre radioaktive Stoffe, wahrscheinlich das von ihm entdeckte Actinium mitgerissen.

Zu den zuletzt besprochenen chemischen Einwirkungen der radioaktiven Stoffe auf einander kommen aber, wie Debierne zeigt, noch die Einwirkungen der von Curie entdeckten Radioinduktion. Die dadurch hervorgerufene sekundäre Radioaktivität wird viel gröfser, wenn man den aktiven Körper mit dem zu induzierenden in möglichst innige Berührung



bringt. Das geschieht am besten dadurch, dafs man beide Körper gemeinsam in Lösung bringt und zusammen ausfällt. So erhielt DEBIERNE ein aktives Chlorbaryum, indem er es mit einem sehr aktiven Actiniumsalz in Lösung brachte. Noch stärkere Wirkungen erhielt er, wenn er schwefelsauren Baryt in einer Actinium enthaltenden Lösung fällte; hierbei wird das Actinium in den Niederschlag mitgerissen und kann durch Ammoniak wieder abgeschieden werden, wobei Chlorbaryum zurückbleibt. Je länger man das Actinium mit dem Baryum zusammen läfst, um so gröfser ist dessen induziertes Strahlungsvermögen. Der Verf. erhielt so eine beträchtliche Menge Chlorbaryum, dessen Aktivität mehrere hundertmal gröfser war als die des gewöhnlichen Urans.

Das durch Induktion strahlungsfähig gemachte Baryumpräparat hat eine Reihe von Eigenschaften mit dem aus der Pechblende gewonnenen gemeinsam. Das Strahlungsvermögen ist bei beiden eine Eigenschaft der Atome und bleibt bei allen chemischen Umwandlungen bestehen. Die Strahlen beider Präparate sind gleicher Art: sie ionisieren Gase, bringen einen Platincyanürschirm zum Leuchten und wirken auf die photographische Platte; ein Teil der Strahlung wird vom Magneten abgelenkt, und das wasserfreie Chlorür ist selbstleuchtend. Durch wiederholtes Auskrystallisieren läfst sich auch die Wirkung des aktivierten Präparats soweit steigern, dafs man Produkte erhält, deren Strahlungsvermögen das des gewöhnlichen Urans um das tausendfache übertrifft. Andrerseits giebt es aber auch erhebliche Unterschiede zwischen dem aktivierten und dem von Natur aktiven Präparat. Vor allem zeigt das erstere nicht das charakteristische Spektrum des Radiums. DEMARÇAY prüfte darauf hin ein Produkt, das tausendmal aktiver war als Uran und fand keine einzige der Radiumlinien, während ein zehnmal schwächerer Extrakt der Pechblende diese sehr deutlich zeigte. Ferner wird bei dem künstlich aktivierten Chlorbaryum das Strahlungsvermögen immer geringer: in drei Wochen war seine Intensität suf ein Drittel gesunken. Im Gegensatz dazu wird das Vermögen des natürlichen Präparats anfangs gröfser und bleibt dann constant. Dieses Abnehmen der Wirkung und das Fehlen des Spektrums bestätigen zugleich, dafs die Strahlungsfähigkeit der aktivierten Substanz nicht etwa auf mitgerissenen Mengen von Radium oder Actinium, sondern auf Induktion beruht.

Das in dieser Zeitschrift (*XIII 101*) beschriebene Spektrum des Radiums wurde von DEMARÇAY an einem von Frau Curie hergestellten besonders reinen Präparat von Radiumchlorür nochmals untersucht (*C. R. CXXXI, 258*). Er fand die starken Radiumlinien aufserordentlich deutlich; besonders die Linien 3814,7, 4340,8 und 4683,2 gehörten zu den intensivsten Linien, die der Verf. jemals gesehen. Aufserdem zeigten sich noch zwei neblige Streifen: der eine zwischen 4621,9 und 4631,0, der zweite gegen das Ultraviolett zwischen 4463,7 bis gegen 4390; beide zeigen ein deutliches Maximum. An einem von Giesel hergestellten Radiumpräparat untersuchte RUNGE ebenfalls das Spektrum, fand aber nur drei neue Linien, während die andern von Dèmarçay beobachteten teils nicht zu sehen waren, teils auch im gewöhnlichen Chlorbaryum vorkamen (*Ann. d. Physik, 2, 742; 1900*). Möglicherweise beruht die Verschiedenheit beider Beobachtungen auf einer Verschiedenheit des Materials; immerhin wird die Bestimmung der Radiumlinien noch eingehenderer Untersuchungen bedürfen.

Die bereits früher (*diese Ztsch. XIII 101*) von Frau CURIE vorgenommene Bestimmung des Atomgewichts des Radiums wurde von ihr mit einem neuen Präparat wiederholt und hierbei erheblich grösser gefunden (*C. R. CXXXI. 382*). Zur bessern Controlle unterwarf sie reines und rodioaktives Chlorbaryum der gleichen Reaktion und bestimmte daraus das Atomgewicht sowohl des reinen wie des strahlenden (d. h. Radium enthaltenden) Baryums. Für das erstere ergab sich 138,0; für das letztere 174,1, bei einem anderen Versuch 173,6. Da nach dem Aussehen des Spektrums das radioaktive Präparat viel mehr Radium als Baryum enthalten mufs, so ist anzunehmen, dafs das Atomgewicht des Radiums gröfser sein mufs als 174. Zum genaueren Studium der Eigenschaften des reinen Radiums waren die bisher isolierten Mengen von Radiumchlorür nicht ausreichend.

Die in dieser Zeitschrift (*XIII 100*) beschriebenen Versuche von BEHRENDSEN über den Einflufs der Temperatur auf die Strahlungsintensität wurden von dem Verf. bis

auf die Temperatur der flüssigen Luft herab ausgedehnt. (*Annal. d. Physik. 2, 335*). Die Wirkung eines Radiumpräparats auf eine geladene Platinscheibe wurde zuerst bei Zimmertemperatur, dann nach Eintauchen des das Präparat enthaltenden Röhrchens in ein Gefäfs mit flüssiger Luft bestimmt; der Verf. mafs die Zeit, in der die Nadel des mit der Scheibe verbundenen Elektrometers durch dieselben Teilstriche der Spiegelskala hindurchging. Es zeigte sich hierbei ein wesentlicher Rückgang der Entladungswirkung. Das von demselben Verf. durch Glühen von Uranpecherz am Deckel des Gefäfses niedergeschlagene Poloniumsublimat („X-Sublimat") hatte nach einem Jahre sehr in seiner entladenden Wirkung abgenommen. Das gleiche hatte auch Giesel bei seinen Poloniumpräparaten gefunden.

Ebenso wie auf die von den radioaktiven Körpern ausgesandten Becquerelstrahlen wirkt Temperaturänderung auf die Phosphoreszenzeigenschaften dieser Körper ein. So untersuchte Le Bon mehrere Proben radioaktiven Brombaryums, die von List in Hannover bezogen waren, und fand einen erheblichen Einflufs der Temperatur auf die Phosphoreszenz (*C. R. CXXX, 891*). Drei Probestücke phosphoreszierten stark bei gewöhnlicher Temperatur, wurden dunkel beim Erwärmen auf 200° und leuchteten beim Abkühlen von neuem. Eine vierte Probe phosphoreszierte für gewöhnlich nicht, leuchtete bei 200° auf, erlosch aber auch bei dieser Temperatur sehr rasch und wurde beim Abkühlen nicht wieder leuchtend. Le Bon erklärt diese Erscheinungen durch das Auftreten chemischer Reaktionen während des Temperaturwechsels. Darauf deute auch die Thatsache hin, dafs alle diese Substanzen bei Anfeuchtung ihre Phosphoreszenz verlieren und ihre Einwirkung auf das Elektroskop bedeutend verringern. Aufser den radioaktiven Körpern fand der Verf. noch andere, deren Phosphoreszenz von der Temperatur abhängt und die zugleich die Gase leitend machen. Ein solcher Körper ist das schwefelsaure Chinin. Wird dasselbe erwärmt, so phosphoresziert es und entladet ein Elektroskop sehr rasch, verliert diese Fähigkeit allerdings bald. Bei dem schwefelsauren Chinin lassen sich aber die bei der Erwärmung eintretenden chemischen Veränderungen leicht feststellen. Über 100° wird es wasserfrei, beim Abkühlen bildet sich sein Hydrat von neuem; Phosphoreszenz und Entladungsvermögen stehen also mit der Hydratbildung in Zusammenhang. Auch bei anderen Körpern, wie z. B. Phosphor, bringen geeignete chemische Reaktionen Phosphoreszenz und Entladungsvermögen hervor.

Auf Grund dieser Beobachtungen ist Le Bon geneigt, die „Strahlen" der radioaktiven Körper für eine Emanation fester Teilchen zu halten, die bei gewissen chemischen Reaktionen eintritt. Die Ähnlichkeit mit den Kathodenstrahlen, die ja jetzt wohl allgemein als negativ geladene Massenteilchen angesehen werden, würde mit dieser Auffassung durchaus zusammenstimmen. *Schk.*

Flüssige Krystalle. O. Lehmann hat, nachdem Reinitzer 1888 gefunden hatte, dafs Cholesterylbenzoat bei 145,5° zu einer trüben, aber doppeltbrechenden Flüssigkeit schmilzt, die bei 178,5° hell wird, und nachdem ein ähnliches Verhalten bei p-Azoxyanisol und p-Azoxyphenetol erkannt war, diese drei Körper eingehend studiert und sie während dieses Übergangszustandes als flüssige Krystalle angesprochen. Neben den seinigen liegen besonders von Schenck, Abegg und Seitz Untersuchungen hierüber vor. Der Berliner Physikalischen Gesellschaft hat Lehmann im März 1900 die Versuche hierüber gezeigt und dann seine Ergebnisse in den *Ann. d. Physik (1900, Bd. 2, S. 640)* veröffentlicht.

Wenn die genannten Körper im Projectionsapparat demonstriert werden, so sieht man bei hinreichender Erwärmung eine klare Flüssigkeit. Kühlt man diese ab, so wird bei bestimmter Temperatur das Ganze trübe und bei noch weiterer Abkühlung schiefsen vom Rande aus Krystalle an, bis endlich das Ganze fest ist. Die Umwandlungstemperatur, bei der die klare Flüssigkeit trübe wird (und umgekehrt), ist für p-Azoxyanisol 134°, p-Azoxyphenetol 165°, Cholesterylbenzoat 178°; die Umwandlungswärmen (Schmelzungswärmen) betragen bez. 4,37 Cal., 5,42 Cal. und 3,50 Cal., die Temperaturen, bei denen die Körper ganz fest werden, sind 116°, 136° und 145°. Die specifische Wärme beträgt beim p-Azoxyanisol 0,53 für die krystallinische, 0,38 für die isotrope Modifikation. Bei der Umwandlung zur isotropen Flüssigkeit wächst das Volumen, so dafs diese Um-



wandlungstemperatur durch Druck erhöht wird, beim p-Azoxyanisol um 1° durch 13,2 Atm. Erniedrigt wird der Umwandlungspunkt durch Zusatz fremder Substanzen, wie der Gefrierpunkt des Wassers durch Zusatz von Salzen. Während aber beim Wasser die Depression des Gefrierpunktes für ein Grammolekulargewicht des Zusatzes nur 18° beträgt, ist sie bei den vorliegenden drei Stoffen 750°, 708°, 1161°. Aus allen diesen Beobachtungen ergiebt sich, dafs bei der Umwandlung der trüben in die klare Flüssigkeit in der That eine Schmelzung stattfindet.

Suspendiert man nun die trübe Flüssigkeit in einem Stoffe von gleicher Dichte, so bildet sie kugelige Tropfen, aber diese sind doppeltbrechend und geben darum im Polarisationsapparat die bekannten Erscheinungen, helle oder dunkle Kreuze, Farbenringe etc., von denen Lehmann in seinem Berliner Vortrage eine grofse Zahl von Photographien und nach Photographien hergestellte farbige Bilder zeigte, die auch in dem Aufsatze in den *Ann. d. Phys.* wiedergegeben sind. Grade dieses optische Verhalten hat zu der Bezeichnung „flüssige Krystalle“ Anlafs gegeben.

Dafs der trübe, doppeltbrechende Schmelzflufs wirklich flüssig ist, zeigt aufser der erwähnten Tropfenbildung der Umstand, dafs die Flüssigkeiten in Capillaren aufsteigen, so dafs die Oberflächenspannung gemessen werden kann. Sie beträgt beim

p-Azoxyanisol	bei	116,3°	38,62 Dynen
	-	133,3°	37,27 -
p-Azoxyphenetol	-	134,9°	30,77 -
	-	165,1°	28,44 -
Cholesterylbenzoat	-	147,4°	23,84 -
	-	177,2°	22,86 -

Dafs sie aber krystallinisch sind, zeigt sich u. a. auch daran, dafs sie fremde Substanzen nicht auflösen können.

Mischt man isotrope Stoffe dieser Art (z. B. p-Azoxyanisol mit p-Azoxyphenetol), so erhält man bei der Abkühlung die Umwandlung in die krystallinische Flüssigkeit bei einer Temperatur, die zwischen den Umwandlungstemperaturen der reinen Stoffe liegt. Es krystallisiert also nicht der eine Stoff aus, sondern es bilden sich Mischkrystalle.

Endlich ist beim p-Azoxyanisol auch die Dielektrizitätsconstante gemessen worden und es hat sich ergeben, dafs sie bei 134° keine discontinuierliche Änderung erleidet, wie es beim Schmelzen oder Erstarren eines Stoffes sonst die Regel ist, dafs sie aber beim Erstarren sich sprungweise ändert. Während sie bis dahin langsam steigt (mit abnehmender Temperatur), fällt sie hier plötzlich. Auch dies zeigt, dafs bei der Umwandlungstemperatur nicht etwa ein Gemisch von festen Krystallen in einer Flüssigkeit sich bildet. (Vgl. *Naturw. Rundschau 1899. S. 236. Zeitschr. f. phys. Chemie 25, 337; 27, 167; 28, 280; 29. 491, 1899.*)

Lehmann definiert am Schluss seiner genannten Arbeit die Krystalle als anisotrope, mit molekularer Richtkraft begabte Körper; so dafs also alle weiteren Bestimmungen, die sonst dem Krystallbegriff wesentlich anzugehören schienen, wie Festigkeit, Homogenität, Wachstumsfähigkeit etc. entfallen. Den Unterschied zwischen dem festen und flüssigen Aggregatzustand, den manche schon aufgeben zu müssen glaubten, sieht er in der Elastizitätsgrenze, die bei Flüssigkeiten gleich Null ist, und bekämpft die Ansicht (von Ostwald, Tammann, Schaum), dafs man die Begriffe fest und krystallisiert, flüssig und amorph identifizieren dürfe. Die flüssigen Krystalle schliefsen sich an die festen in lückenlosem Übergang an, da man vom Diamant-Bergkrystall über die fast flüssigen Krystalle des ölsauren Ammoniaks und Cholesterylbenzoats zu denen des Azoxyanisols und Azoxyphenetols kommt, die flüssig sind wie Wasser.

Ebenso giebt es aber auch in den Mischungen von krystallisierten und amorphen Körpern jede beliebige Übergangsstufe von Krystallen zu amorphen Körpern, so dafs also auch dieser Unterschied nicht zur Einteilung verwendet werden kann. *A. S.*

3. Geschichte.

Newtons Ansicht von der Fernwirkung. In seinem Buche „Wirklichkeiten“ (vgl. d. Heft S. 353) bespricht K. Lasswitz einen oft irrtümlich aufgefafsten Ausspruch Newtons. In einem Briefe Newtons an Bentley findet sich die viel citierte Stelle: „dafs Schwere eine ursprüng-

liche, inhärente und wesentliche Eigenschaft der Materie sein sollte, so dafs ein Körper auf einen anderen in der Entfernung durch den leeren Raum ohne anderweitige Vermittelung wirke, ohne etwas, wodurch seine Wirkung und Kraft übertragen werde, das erscheint mir als eine so grofse Absurdität, dafs ich glaube, niemand, der in philosophischen Dingen ein competentes Urteil hat, könne darauf verfallen". Man hat diese Stelle dahin deuten wollen, dafs Newton eine fernwirkende Kraft überhaupt für absurd gehalten habe. Wer in der mechanischen Weltauffassung steht und keine anderen als mechanische Erklärungen zuläfst, wird in der That schliefsen müssen, dafs Newton habe sagen wollen, die Attraktion sei mechanisch zu erklären. Newton wollte aber sagen: die Attraktion ist aus mechanischen Gründen nicht zu begreifen, und deshalb kann sie keine ursprüngliche Eigenschaft der Materie sein. Der Ton liegt auf dem Wort Materie. Die Thatsache der unvermittelten Attraktion steht für Newton sicher; Materie aber, als unbeseelter, roher Stoff, kann nicht in die Ferne wirken; also mufs die Attraktion auf einem nichtmateriellen Prinzip beruhen, auf einem immateriellen Wesen geistiger Art. Indem Newton diese Ansicht vertritt, zeigt er sich völlig von der spiritualistischen Philosophie seines Zeitgenossen Henry More beeinflufst. Nach dieser Philosophie besteht die Materie aus Atomen, die aber nicht nur des Lebens und der Empfindung, sondern auch jeder selbständigen Bewegung bar sind. Alle Bewegung rührt nach More von einem geistigen Prinzip her, das zwar immateriell, aber doch räumlich und durch den Raum hindurch wirkend gedacht wird. So hat ein theologisches Motiv, die nicht materiell vermittelte Wirkung in die Ferne, durch Newton als physikalisches Erklärungsmittel Eingang in die Naturwissenschaft gefunden. Für Newton war der Gedanke sympathisch, dafs die Wechselwirkung der Naturkörper im Grunde auf einer geistigen Natur des Raumes beruhe, in welcher die weltordnende Macht des Schöpfers selbst als Weltseele zur Geltung kommt.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dafs der Newtonsche Ausspruch auch von Ferd. Rosenberger in seinem 1895 erschienenen Werke über Isaac Newton und seine mechanischen Prinzipien ebenso aufgefafst wird. K. Lafswitz hat auf den Zusammenhang zwischen More und Newton bereits in seiner Geschichte der Atomistik (1890) hingewiesen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Die Vernachlässigung der naturwissenschaftlichen Bildung in England. In einem Aufsehen erregenden Aufsatz in der *Nature* (*vol. 62, No. 1601*) beklagt John Perry den gänzlichen Mangel naturwissenschaftlicher Bildung bei den Angehörigen fast aller höheren Berufsklassen, insbesondere auch bei den Männern, die in den Staatsbehörden, in der Marine und der Armee an der Spitze der Verwaltung stehen. Sein vernichtendes Urteil hat um so mehr Gewicht, als es von zwei der hervorragendsten Forscher, Armstrong und Ayrton, geteilt wird. Der Verfasser weist den Nachteil, den dieser Mangel für das Staatswohl hat, an schlagenden Beispielen nach. Er zeigt ferner das Lächerliche der Prüfungen, z. B. zum Artillerie- und Ingenieurdienst. „In Wahrheit wird wissenschaftliche Denkgewohnheit, wirkliches Studium der Wissenschaft einen jungen Mann ungeeignet dazu machen, diese verabscheuenswerten, unwissenschaftlichen Prüfungen zu bestehen!" Ebenso seien für die Prüfungen in Experimentalphysik an den gröfsten Universitäten Englands nicht praktische Kenntnisse, sondern ein durch Bücherstudium erworbenes Wissen ausreichend.

Den Kern des Übels findet Perry darin, dafs blofs geistige Schulung (mere mental training) zur Ausbildung eines Knaben bis zum 16. Lebensjahr für genügend erachtet werde. Nun gewinne aber der Mensch gerade während dieser Zeit den weitaus gröfsten Teil seiner Kenntnisse. Der jugendliche Geist gedeihe am besten, wenn man ihn mit den Dingen allein lasse und ihn so wenig als möglich leite; ein Knabe, dessen Erziehung vernachlässigt worden sei, der aber Gelegenheit habe, vielerlei Dinge selber zu sehen, sei für das Leben besser ausgerüstet als der wohlerzogene. Die Naturwissenschaft sei fast der einzige Unterrichtsgegenstand, für den Anleitung nötig sei; die Naturerscheinungen seien zu complex, sie müfsten dem Knaben durch geeignete Vorrichtungen in vereinfachter Form dargeboten werden. Bei diesen beobachtenden und experimentellen Studien vermöge der Lehrer anzu-



leiten und zu unterweisen, ohne damit die Fähigkeit selbständigen Urteilens zu beeinträchtigen, eine Fähigkeit, die bei der Mehrzahl der Höhergebildeten durch die heutige Art des Schulbetriebes aufgehoben sei. Lernen vernichte geradezu die Kraft des Denkens. Insbesondere führe die vorwiegend sprachliche Gestaltung des Unterrichts dazu, Schüler als dumm erscheinen zu lassen, die in Wahrheit nur für diese Art des Unterrichts keine Begabung haben, und verkümmere die Ausbildung gesunden und natürlichen Urteils. Es sei kein Wunder, wenn englische Ingenieure und Architekten die schulmäfsige wissenschaftliche Ausbildung gering schätzten. Aber grade die richtige und gründliche naturwissenschaftliche Ausbildung habe das grofse Übergewicht und den Erfolg Deutschlands in Handel und Industrie herbeigeführt. Was England not thue, sei eine gleiche Pflege echten wissenschaftlichen Geistes. Geschehe dies nicht, so sei ein Schwinden des englischen Wohlstandes unvermeidlich, irgend eine andere besser ausgerüstete Nation würde ihn an sich reifsen und Englands Stelle einnehmen. Die Anerkennung, die hier dem deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht gezollt wird, kann auf die Bestrebungen für Hebung und Förderung dieses Unterrichts bei uns nur ermutigend und anspornend wirken. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Der Telephonograph. Streicht man mit einem Magneten über eine Eisen- oder Stahlplatte, so ändert sich die Stärke des remanenten Magnetismus an den bestrichenen Stellen. Dort häufen sich, wenn man später die Platte mit Eisenpulver bestreut, die Eisenteilchen bald dichter bald lockerer als in der Umgebung an, je nachdem das Bestreichen den remanenten Magnetismus verstärkt oder geschwächt hat. Solche Änderungen des remanenten Magnetismus erhalten sich lange Zeit hindurch. Leitet man die durch Schallschwingungen in einem Mikrophon erregten Stromwellen nach einem Elektromagneten, so entsteht zwischen dessen Polen ein schwingendes magnetisches Feld. Bewegt man durch dieses Feld einen Stahldraht oder ein Stahlband, so erzeugen die Schwankungen der Feldstärke stärker oder schwächer magnetisierte Stellen. Es schreiben sich also die Schwingungen der Feldstärke ganz ebenso räumlich nebeneinander auf den Draht oder das Band auf, wie die Schwingungen der Membran auf die Wachswalze des Phonographen. Zieht man einen so gleichsam magnetisch beschriebenen Draht zwischen den Polen eines Elektromagnets hindurch, in dessen Stromkreis man ein Telephon eingeschaltet hat, so rufen die verschieden stark magnetisierten Stellen des Drahtes Stromschwankungen hervor, die sich im Telephon in Schallwellen umsetzen. Mit diesen einfachen Mitteln können also Schallschwingungen dauernd festgehalten und später beliebig oft wieder hervorgebracht werden. Auf solchen Überlegungen und Versuchen beruht die geniale Erfindung des dänischen Ingenieurs Valdemar Poulsen, die er zusammen mit seinem Mitarbeiter P. O. Pedersen in folgenden drei einfachen Apparaten praktisch verwertet hat (*C. R. 130. 1754; 1900. E.T.Z. 21. 385; 1900. Phys. Zeitschr. 1, 413, 470, 554; 1900*):

1. Der Draht-Telephonograph. In den Mantel einer etwa 28 cm langen und 14 cm dicken Messingwalze ist ein feines Gewinde eingeschnitten und in dieses etwa 100 m Stahldraht von ca. 1 mm Durchmesser gewickelt. Ein kleiner Elektromotor versetzt die Walze mittels Schnurübertragung in eine mäfsig geschwinde Umdrehung. Auf dem Stahldraht schleift ein kleiner Doppelelektromagnet, dessen Spulen aus feinstem Relaisdraht bestehen und auf 1 mm starke Kerne aus weichstem schwedischen Eisen gewickelt sind. Die Kerne bilden einen Winkel miteinander, so dafs ihre zugespitzten freien Enden den Walzendraht gut umfassen. Der Doppelelektromagnet sitzt auf einer Laufschiene und wird bei der Drehung der Walze in achsialer Richtung verschoben. Vor der Aufnahme eines Gesprächs schickt man einen Gleichstrom durch den Doppelelektromagnet, der den Walzendraht quer zu seiner Längsrichtung gleichmässig magnetisiert. Bei der Aufzeichnung eines Gespräches verbindet man den Doppelelektromagnet mit einem Mikrophon. Spricht man in dieses, so wird jener von den in der Sekundärspule des Mikrophons erzeugten Induktionsströmen durchflossen und der remanente Magnetismus des Walzendrahts bald verstärkt, bald ge-



schwächt. Will man das so magnetisch aufgeschriebene Gespräch wiedergeben, so läfst man den Doppelelektromagnet, den man nun mit einem Telephon verbindet, von neuem über den Walzendraht laufen. Dessen remanenter Magnetismus magnetisiert die Eisenkerne des Doppelelektromagneten bald stärker, bald schwächer und erregt so Ströme, die in dem Telephon die bei der Aufnahme gesprochenen Töne wieder erzeugen. Soll das auf dem Walzendraht aufgeschriebene Gespräch ausgelöscht werden, so schickt man durch den Doppelelektromagnet einen Gleichstrom, der die in dem Draht vorhandenen magnetischen Berge und Thäler ausgleicht. Auf der Pariser Ausstellung stand ein solcher Apparat in der Maschinenhalle zwischen grofsen geräuschvollen Maschinen, trotzdem arbeitete er tadellos. Er gab die Töne und Laute rein und ohne Nebengeräusche wieder, unter Wahrung der Klangfarbe und der besonderen Eigentümlichkeiten des Sprechers oder Sängers. Die Wiedergabe war so scharf, dafs man sogar das Atemholen zwischen den einzelnen Sprechpausen deutlich wahrnahm.

2. Ein Draht-Telephonograph reicht nur für eine Gesprächsdauer von etwa 1 Minute aus; zur Aufzeichnung von Gesprächen, die 10—15 Minuten dauern, bedient man sich des Band-Telephonographen. Als magnetischer Besprechstoff dient hier ein 3 mm breites und 0,05 mm starkes Stahlband, das nach erfolgter Quermagnetisierung wie die Papierrollen der Morse- und Hughes-Apparate spiralförmig von einer Achse auf eine andere aufgewickelt wird und an dem Sprech-Elektromagneten vorüberläuft.

3. Die Telephonzeitung (Telephonograph-Multiplikator). Ebenso wie man das auf dem Stahlband magnetisch aufgeschriebene Gespräch beliebig oft ohne eine wesentliche Schwächung der Lautstärke abhören kann, vermag man auch mittels folgender Anordnung ein und dasselbe Gespräch von einem Stahlband in eine beliebig grofse Anzahl von Telephonleitungen zu senden. Ein kurzes endloses etwa 4 cm breites Stahlband, das über eine rasch umlaufende Trommel oder über zwei sich schnell drehende Rollen gespannt ist, läuft erst an dem Sprech-Elektromagneten, dann an einer Reihe Höhr-Elektromagnete, die mit den Leitungen der Abonnenten verbunden sind, und zuletzt an einem Lösch-Elektromagneten, der das aufgezeichnete Gespräch sofort wieder wegmagnetisiert, vorüber.

Die von den einzelnen Hör-Elektromagneten nach einander aufgenommenen Stromstöfse kann man durch folgenden Apparat gleichzeitig machen, nach einem einzigen Telephon leiten und so die Lautwirkung durch Zusammensetzung bedeutend erhöhen: $n+1$ parallele Stahldrähte sind über den Mantel einer sich drehenden Trommel gespannt. Das von dem Sprech-Elektromagneten S auf den 1. Draht aufgeschriebene Gespräch wird von den Hör-Elektromagneten $a_1, a_2, a_3, \ldots a_n$ abgehört und von den damit paarweise hinter einander geschalteten und in schräger Reihe angeordneten Schreib-Elektromagneten $b_1, b_2, b_3, \ldots b_n$ auf n andere Drähte übertragen, von denen es die mit einem Telephon in Reihe geschalteten Abnahme-Elektromagnete $c_0, c_1, c_2, c_3, \ldots c_n$ gleichzeitig abhören. Dieses Verfahren der Lautverstärkung löst in der einfachsten Weise die wichtige Aufgabe, ein Telephonrelais zu bauen, deren Lösung bisher vergebens gesucht wurde.

Den Telephonograph kann man als Fernsprech-Schreiber verwenden, wenn man ihn und die Fernleitung mittels Umschalters mit einer Telephonstation verbindet. Das kann zu dem Zweck geschehen, um bei Abwesenheit des Angeschlossenen dem Anrufenden eine kurze Mitteilung zugehen zu lassen, wie z. B.: „Ich bin nicht zu Hause, kehre um 5 Uhr zurück, bitte später nochmals anzuklingeln". Der Band-Telephonograph gestattet auch die selbsthätige Niederschrift des Telephongesprächs bei Abwesenheit des Angerufenen.

Das telephonographische Verfahren ermöglicht zugleich, mehrere Telephongespräche gleichzeitig auf ein und derselben Fernleitung zu übertragen, d. h. die Multiplex-Telephonie. Der mit Poulsen zusammen arbeitende Ingenieur P. O. Pedersen hat ein sehr einfaches Verfahren angegeben, auf einem und demselben Walzendraht oder Stahlband gleichzeitig zwei Gespräche über einander aufzuzeichnen und nachträglich wieder vollständig rein zu zerlegen. Er benutzt dazu zwei dicht hintereinander sitzende und hintereinander geschaltete Sprech-Elektromagnete. Nachdem diese ein Gespräch auf den Draht aufgeschrieben haben, kehrt man die Stromrichtung in dem einen Elektromagneten um, d. h. man schaltet



ihn umgekehrt in den Stromkreis ein. Würde man jetzt den Apparat sprechen lassen, so würde man an dem eingeschalteten Telephon nichts hören, da die Induktionsströme, die in den Windungen des einen Elektromagneten erzeugt werden, denen des anderen gleich und entgegengesetzt sind. Man kann also bei dieser Schaltung ein zweites Gespräch auf den Draht schreiben, das man bei der ersten Schaltung nicht abhören kann. Wünscht man das erste oder zweite Gespräch abzuhören, so hat man die erste oder zweite Schaltung anzuwenden. Dieses Verfahren der Duplextelephonie, über die das nächste Heft nähere Mitteilungen bringen wird, läſst sich natürlich auf die Multiplextelephonie ausdehnen, nur werden dann die Elektromagnet-Combinationen etwas complizierter.

Zur Verwertung dieser überraschenden Erfindungen hat sich ein Syndikat gebildet, dessen technische Leiterin die A.-G. Mix & Genest zu Berlin ist. *H.-M.*

Ein Demonstrations-Telephonograph. Um den Grundgedanken der so sinnreichen Erfindung Poulsens (vgl. ds. Heft S. 349) in einfacher und übersichtlicher Weise vorführen zu können, hat Ernst Ruhmer (*Physik. Ztschr. 2, 1; 1900*) folgenden Apparat construiert, der im wesentlichen eine Combination des Band-Telephonographen mit dem Telephonograph-Multiplikator (der Telephonzeitung) ist: Ein dünnes, endloses Stahlband läuft so, wie es in Fig. 1 schematisch angedeutet ist, über vier Messingwalzen, in die dem Band entsprechende Nuten eingeschnitten sind, in derselben Richtung mit gleichmäſsiger Geschwindigkeit. Die Walzen sind so verstellbar, daſs man das Band stets derart straff spannen kann, daſs beim Antrieb einer Walze auch die übrigen sich mitdrehen. An den beiden Stellen, wo das Band von der einen zu der anderen Walze übergeht, befinden sich der Schreib- und der Hörelektromagnet, deren Anordnung die Figg. 2 und 3 zeigen. Der Schreibelektromagnet oder „Schreiber“ hat einen 1 mm starken und etwa 20 mm langen Kern aus bestem schwedischen Eisen und etwa 2000 Windungen eines 0,1 mm starken Kupferdrahtes. Der Hörelektromagnet oder „Hörer“ hat denselben Bau und die gleiche Grösse, nur ist er mit einem dünneren Draht bewickelt. Die Eisenkerne sind parallel zur Breite des Bandes gestellt. Die Entfernung der Polenden kann man mit einer Stellvorrichtung abändern. Eine zweckmässige Bandführung (Fig. 4) bewirkt, daſs das Band die Eisenkerne stets gut berührt. Zum Antrieb dient ein kleiner Elektromotor von etwa $^1/_{16}$ HP, der dem Bande eine Geschwindigkeit von 3 m/sek. erteilt. Um magnetische Einwirkungen des Motors zu vermeiden, empfiehlt es sich, ihn in genügender Entfernung vom Apparat aufzustellen. Der Schreiber ist mit der sekundären Spule eines Transformators verbunden, in dessen primären Stromkreis ein hochempfindliches Kohlenkorn-Mikrophon von Mix & Genest (vgl. *Physik. Ztschr. 1, 599; 1900*) eingeschaltet ist. Ein Umschalter gestattet, in den Schreiber den Gleichstrom eines Akkumulators zu senden und die magnetische Schrift auf dem Stahlbande auszulöschen. Vier Messingkämme sichern die Führung des Bandes und verhüten dessen Ausspringen. Der Demonstrations-Telephonograph reicht für eine Gesprächsdauer von etwa 2 Minuten aus. Man kann beliebig viele Hörer anbringen, so daſs gleichzeitig mehrere Personen das Phonogramm abzuhören vermögen, und es möglich ist, eine Stelle, die man nicht gleich verstanden hat, durch geeignete Umschaltung auf den folgenden Hörer nochmals zu Gehör zu bringen. Es ist zweckmässig, den sich drehenden Apparat getrennt von dem Mikrophon und den „Hörern“ aufzustellen, da die Nebengeräusche des Motors und des Apparates stören. Ruhmer

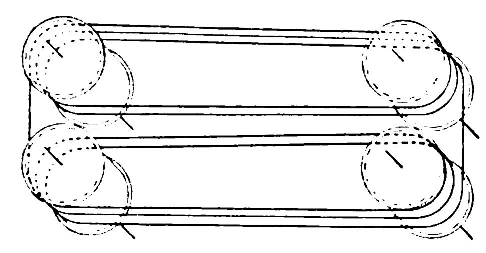


Fig. 1.

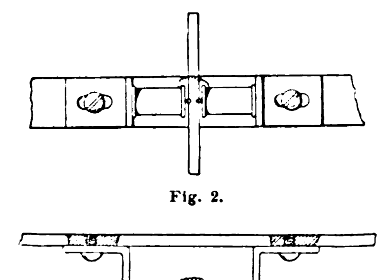


Fig. 2.

Fig. 3.

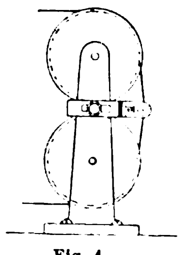


Fig. 4.

weist noch auf eine niedliche Spielerei hin, die sich mit jedem Telephonograph ausführen lässt. Spricht man ein Palindrom z. B. das bekannte: „Ein Neger mit Gazelle zagt im Regen nie“ in den Apparat und hört das Phonogramm rückwärts ab, so erregt die eigenartige Betonung der deutlichen und richtigen Wiedergabe nicht geringes Erstaunen. *H.-M.*

Das Bremer-Licht. Die verschiedensten bisherigen Versuche mit Durchtränkung der Bogenlichtkohle haben zwar zu einer Beruhigung und besseren Färbung des Lichtes geführt, niemals aber eine einschneidende Bedeutung gewonnen. Wenn man aber nach der Erfindung von H. Bremer zu Neheim a. d. Ruhr den Kohlen 20 bis 50% nichtleitende Metallsalze, Calcium-, Silicium- oder Magnesium-Verbindungen, zusetzt, so erzielt man damit nach W. Wedding (*E. T. Z. 21. 546; 1900*) eine bei weitem gröfsere Lichtausbeute. Der specifische Verbrauch beträgt bei der Bremerlampe rund 0,1 Watt für die Kerze, also nur ein Drittel des bisherigen, man kann daher mit der neuen Lampe bei gleichem Energieaufwand dreimal so viel Licht erhalten wie bisher. In der Lampe stehen sich vier Kohlen paarweis fast senkrecht (je zwei gleichnamige Kohlen bilden einen spitzen Winkel miteinander) so gegenüber, dafs der Lichtbogen dazwischen wagerecht liegt. Er erleidet durch den Strom, der die Kohlenstifte durchfliefst, nach de la Rive eine Abstofsung nach aufsen, die ihn als fächerartige, eine bedeutende Lichtmenge liefernde Flamme nach unten heraustreibt. Zum Anzünden der Lampe kann man einen Nebenschlufselektromagneten benutzen, der die Kohlen zur Berührung bringt. Beim Abbrand der Kohlen bewirkt das Gewicht der Kohlen und ein Zusatzgewicht fortwährend den Nachschub, so dafs der ganze umfangreiche teuere und sehr empfindliche Mechanismus der bisherigen Lampen fortfällt. Durch den hohen Gehalt an Calcium erhält das neue Licht eine reichliche gelbrote Strahlung, während das alte einen kalten blau-violetten Ton zeigte. Das Licht durchdringt daher Nebel doppelt so weit als das bisherige Bogenlicht. Für die Signalgebung auf Leuchtürmen u. s. w. könnte diese Eigenschaft von Bedeutung werden. *H.-M.*

Einige neue Kitte. Der armenische Kitt, der Metall und Glas fest verbindet, wird folgendermafsen hergestellt: Man löst 5 bis 6 erbsengrofse Mastixstücke in so viel Wasser, dass eine dickflüssige Lösung entsteht. Man quellt ferner Hausenblase und löst davon nach dem Abgiessen des Wassers soviel in Franzbranntwein oder Rum, dass man etwa 60 g dicken Leim erhält. Letzteren reibt man mit zwei erbsengrossen Stücken Galbanum oder Ammoniakgummi sorgfältig zusammen und vermischt ihn dann innig unter Erwärmen mit der Mastixlösung. Den fertigen Kitt bewahrt man in einer gut verschlossenen Flasche auf und stellt ihn vor dem Gebrauche in heisses Wasser. *Metallarbeiter 26, 45; 1900. Deutsch. Mech.-Ztg. 1900 S. 69.*

Kitt für Glas und Porzellan von aufserordentlicher Bindekraft. Man mischt gleiche Teile Wasser und Spiritus, fügt unter Umrühren 60 g Stärke, 100 g pulverisierte Kreide und 30 g besten Leim hinzu, erhitzt über offenem Feuer bis zum Kochen und setzt dann noch 30 g Therebintenöl hinzu. Man rührt nun das Gemenge recht tüchtig durcheinander. *Install. 9, 5; 1900. Deutsch. Mech.-Ztg. 1900. S. 69.*

Wiener Metallkitt. Er besteht aus Kupferamalgam, krystallisiert leicht und wird dabei so zähe, dass er mit dem Hammer bearbeitet und gewalzt werden kann. In kochendem Wasser wird der Kitt so biegsam, dass er zum Abformen der zartesten Gegenstände dienen kann. Die zu kittenden Metalle werden blank gemacht, auf 80 bis 90° C. erwärmt und nach dem Auftragen des vorher in heissem Wasser erweichten Kittes fest gegeneinander gepresst. Nach dem Erkalten haften die Teile so fest zusammen, als ob sie gelötet wären. Zur Herstellung dieses Kittes schüttelt man Zinkstreifen tüchtig in einer Cuprinitratlösung. Das sich als feines Pulver abscheidende Kupfer filtriert man ab und übergiesst es noch feucht in einer Reibschale mit einem Drittel Mercuronitrat und rührt um. Hierdurch wird das Kupferpulver „angequickt“ und amalgamiert sich nun leichter. Jetzt übergiefst man das Kupfer mit heissem Wasser und fügt 7 Teile Quecksilber hinzu. Man hält die Schale warm und knetet die Mischung mit dem Pistill so lange, bis man eine plastische, geschmeidige Masse erhält, dann giesst man das Wasser ab und formt aus dem Amalgam kleine Stäbchen von 4 bis 5 mm Dicke und einigen Centimetern Länge. *Bad. Gewerbe-Ztg. 33. 89; 1900. Deutsch. Mech.-Ztg. 1900, S. 98.* *H.-M.*



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Wirklichkeiten. Beiträge zum Weltverständnis. Von Kurd Lafswitz. Berlin, Emil Felber, 1900. 444 S. geb. M. 6,—.

Abhandlungen aus älterer und neuerer Zeit hat der Verfasser in dem vorliegenden Buche vereinigt und um einige neue vermehrt. Die Natur ist nicht die einzige Realität; es giebt Wirklichkeiten im Menscheninnern, die unabhängig von jener sind, die daher auch aufserhalb des Bereichs der Naturwissenschaft fallen. Der Verfasser grenzt diese Wirklichkeiten gegen einander ab, stellt ihr Wertverhältnis fest und gelangt so zu einer einheitlichen Auffassung der Welt und des Menschenlebens, die durch ihre Klarheit ebenso sehr, wie durch die Wärme, mit der sie vorgetragen wird, anspricht. Selbst wer nicht die Auffassung der Kantischen Lehren teilt, die der Verfasser vertritt, wird sich doch durch das Buch in seiner Weltanschauung gefördert finden. Insbesondere sind auch Tragweite und Wert der naturwissenschaftlichen Erkenntnis hier aufs bestimmteste gekennzeichnet. Als Andeutung des Inhaltes seien nur einige Überschriften hervorgehoben: „Weltseele und Naturgesetz“ — „Bewufstsein und Natur“ — „Gesetze und Ideen“ — „Religion und Moral“ — „Religion und Natur“ — „Wie ist Irrtum möglich“. Den Mathematikern sei ein Abschnitt „Grade und Krumm“ besonders empfohlen, ein kleines kulturhistorisches Meisterstück. In dem letzten Abschnitt „Zukunftstraum“ wird die heutige Technik hinsichtlich ihrer Bedeutung für das rein Menschliche höher gewertet, als es sonst vielfach von seiten der Vertreter anderer „Wirklichkeiten“ geschieht. Auf eine die Geschichte der Physik betreffende Einzelausführung gehen wir noch an einer anderen Stelle der Zeitschrift ein. *P.*

Lehrbuch der Photochromie. Von Wilhelm Zenker, neu herausgegeben von Prof. Dr. B. Schwalbe. Mit dem Bildnis des Verfassers und einer Spektraltafel. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1900. 157 S. M. 4.

Mit dieser Neuveröffentlichung ist einem um die Wissenschaft hochverdienten Manne ein ehrendes Denkmal gesetzt. Zenker war einer von jenen der Wissenschaft rein um ihrer selbst willen hingegebenen Forschern, die kein höheres Glück kennen, als sich um die Lösung schwieriger Probleme zu bemühen. Sein Versuch einer Theorie der Photochromie erschien 1868 in dem jetzt neu herausgegebenen Lehrbuche und zugleich in einer Programmabhandlung der K. Realschule zu Berlin, der Zenker als Lehrer angehörte. Dem Buche ist nunmehr eine von G. Krech verfafste biographische Skizze und eine von E. Tonn herrührende Darstellung der Weiterentwickelung der Photochromie auf Grundlage der Zenkerschen Theorie beigegeben. Zenker selbst hat in seinem Buche die Entdeckungen von Seebeck, Herschel, Edmond Becquerel, Nièpce de St. Victor und andern zusammengestellt; so bildet das Buch auch einen wertvollen Beitrag zur Geschichte dieses wichtigen Zweiges der Physik. *P.*

Wilhelm Olbers. Sein Leben und seine Werke. Im Auftrage der Nachkommen herausgegeben von Dr. C. Schilling. Erster Band: Gesammelte Werke mit dem Bildnis W. Olbers'. Berlin, Julius Springer 1894. 707 S. M. 16.

Vor 100 Jahren lebte zu Bremen Wilhelm Olbers, der neben seiner ärztlichen Berufsthätigkeit praktisch und theoretisch Astronomie trieb. Vor allem interessierten ihn die Kometen. Im astronomischen Jahrbuch 1782 (S. 130, 131) soll er Beobachtungen des Kometen von 1779 publiziert haben, die er fast ohne Instrumente, also wahrscheinlich durch Alignements mit bekannten Sternen, angestellt hatte. Leider ist diese Abhandlung, die übrigens beweist, wie langsam damals publiziert wurde, hier nicht mit abgedruckt. Dagegen sind andere Veröffentlichungen in mehreren Rezensionen dargeboten, die Olbers für verschiedene Zeitschriften und gelehrte Gesellschaften verfafste, auch ungenannten Adressaten brieflich mitteilte. Manche Artikel gehen auch nur auf Informationen zurück, die er erteilt hat, es wird von ihm darin in der dritten Person gesprochen. Die Beobachtung der Kometen führte Olbers zur Berechnung ihrer Bahnen. Es gab damals teils Methoden, die auf langwierigem Probieren beruhten, wie die Newtons, andererseits solche, die wie die Lambertsche den Eindruck grosser Eleganz auf den Leser machten, aber praktisch sich nicht brauchbar erwiesen, weil sie absolut genaue Beobachtungen erforderten. Olbers erfand ein neues, mit einer Gaufsschen Verbesserung wohl noch heut angewandtes, Verfahren, das er in einem besonderen Werke 1797 veröffentlichte. Die Lektüre gewährt grofsen Genufs. Ein geringer mathematischer Apparat läfst überall die Gedanken und die Ziele der Entwickelung klar hervortreten. Es sind drei Beobachtungen notwendig. Für die mittelste werden Erde und Komet nach der Sonne zu bis auf die Sehnen der von ihnen beschriebenen Bogen verschoben, der dadurch modifizierte geozentrische Ort des Kometen wird berechnet. Indem man die nunmehr geradlinigen Wege der Erde und des Kometen den Zeiten proportional setzt, läfst sich geometrisch mit grofser Genauigkeit das Verhältnis der Distanzen

von Erde und Komet in der ersten und in der dritten Beobachtung bestimmen. Setzt man nun für diese Distanz in der ersten Beobachtung versuchsweise einen Wert, so sind damit die Örter des Kometen, K_1 und K_3, entsprechend den Erdörtern, E_1 und E_3, im Raume bestimmt. Legt man durch K_1 und K_3 um die Sonne als Brennpunkt eine Parabel, so kann man aus der eleganten Lambertschen Formel die Zeit berechnen, in der ein fingierter Komet von K_1 nach K_3 kommen könnte. Aus der Abweichung dieser Zeit von der beobachteten ergiebt sich, nach welcher Seite hin man den angenommenen Wert von $E_1 K_1$ zu verändern hat. Nach wenigen Versuchen erhält man die Unbekannte durch die regula falsi genau. Die Formeln werden durch 2 Zahlenbeispiele erläutert, das eine legt natürliche Beobachtungen mit ihren Fehlern zu Grunde, das andere bezieht sich auf angenommene genaue Beobachtungen eines schon berechneten Kometen. Viele in den folgenden Jahren erschienene Kometen gaben weitere durchgeführte Rechenbeispiele.

Als die Kunde von dem am 1. Januar 1801 entdeckten neuen Wandel-Gestirn, Ceres Ferdinandea, nach Bremen kam, war dieses am Himmel nicht mehr aufzufinden. Mittelst der von dem jungen Gaufs, ohne jede vereinfachende Hypothese, berechneten elliptischen Bahn, welche die 41 tägigen Beobachtungen gut darstellte, fand Olbers am 1. Januar 1802 das Gestirn wieder auf, einen halben Grad von dem berechneten Ort. An derselben Stelle fand er im März selbst einen neuen Wandelstern, die Pallas. „Die Mühe und die Ehre der Bestimmung ihrer Bahn überliefs er Gaufs. Es würde in mehr als einer Hinsicht vergebliche Arbeit sein, darin mit dem grofsen Mefskünstler wetteifern zu wollen.“ Nachdem dann Harding die Juno entdeckt hatte, fand Olbers im März 1807 noch die Vesta, benannt von dem unvergleichlichen Gaufs nach der Schutzgöttin der reinen Sitte und des häuslichen Glückes, der Schwester der Ceres und der Juno. Inzwischen hatte sich Olbers auch mit der Theorie von Benzenbergs Fallversuchen (Versuche über die Umdrehung der Erde, Dortmund, bei Mallinkrodt 1804) beschäftigt, war anfangs in naheliegende Fehler verfallen, hatte diese aber erkannt und das Gaufssche Resultat entwickelt. Eine Abweichung nach Süden ist auch bei dem Fall im lufterfüllten Raum nicht vorhanden, die nach Osten stimmt mit dem Versuch überein.

Aus den Bahnen einiger periodischer Kometen zog Olbers, mit Rücksicht auf die Laplacesche Hypothese über das Sonnensystem, den später nicht bestätigten Schlufs, dafs jenseits des Uranus kein Planet mehr vorhanden sei. Wir finden ferner populäre Aufsätze über die neueren Sternbilder, über die vom Himmel gefallenen Steine, über die Sternschnuppen, besonders den August- und den November-Schwarm, der aus dem Löwen ausstrahle; auch einen nachgelassenen geschichtlichen Aufsatz über die Astronomen David und Johann Fabricius. (Auf S. 650 in dem Aufsatz über den Ludwigs-Stern steht wohl ξ, ein sehr enger Doppelstern, irrtümlich für ζ oder Mizar im grofsen Bären.) Die letzten Abhandlungen scheinen aus dem Jahre 1833 zu stammen.

Ein zweiter Band enthält den Briefwechsel von Olbers und Gaufs, ein dritter soll andere Briefe und ein Lebensbild des Gelehrten und Menschen hinzufügen. *M. K.*

Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Herausgegeben von Prof. Dr. Felix B. Ahrens. III. Band, letztes Heft, und IV. Band. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1899.

Als letztes Heft des III. Bandes der Sammlung (vergl. ds. Zeitschr. *XII 115*) ist nachträglich noch eine wertvolle Arbeit „Über langsame Verbrennung“ von G. Bodländer (Einzelausgb. 2 M.) erschienen, auf welche alle diejenigen, die sich für die neuere, mehr den Mechanismus als die Produkte der Vorgänge untersuchende Richtung der chemischen Forschung interessieren, hierdurch hingewiesen seien.

Gleich seinen Vorgängern bringt auch der IV. Band der Sammlung eine Reihe wertvoller, die fast unübersehbar grofse Zahl der Einzelforschungen geschickt zusammenfassender Arbeiten, von denen wenigstens einige — ähnlich wie bei den früheren Jahrgängen — hier besprochen werden sollen. — Emil Milde berichtet über „Aluminium und seine Verwendung“ (Einzelausg. M. 1,20). Neben den älteren Methoden zur Darstellung des leichten Metalls, die gegenwärtig nur noch eine historische Bedeutung besitzen, wird vor allem das Verfahren erläutert, welches die Gesellschaft zu Neuhausen in der Schweiz, bekanntlich die bedeutendste Anlage dieser Art in der Welt, unter Zugrundelegung der Patentschriften von Paul Héroult und Kiliani ausgebildet hat. Vorbedingung für dieses sind elektrische Ströme von aufserordentlicher Stärke, wie sie in gewinnbringender Weise nur durch Wasserkräfte geliefert werden können; so wird in Neuhausen mit Strömen gearbeitet, deren Dichte etwa 25 000 Ampère auf 1 qm Kathodenfläche beträgt, und zu deren Erzeugung die Gesellschaft oberhalb des Rheinfalls eine Wassermenge von 20 kbm pro Sekunde entnimmt. Als Elektrolyt wird ein Gemisch von Kryolith und Thonerde benützt; letztere mufs von hervorragender Reinheit sein und darf vor allem keine Spur von Kieselsäure enthalten. Ebenso wichtig wie das Aluminium selbst sind



bekanntlich seine Legierungen; diese wurden früher meist dargestellt, indem man dem Aluminium, während es reduziert wurde, unmittelbar das notwendige Kupfer, Eisen u. s. w. darbot; heutzutage wird dieser Zweck vollkommener erreicht, indem das elektrolytisch gewonnene Reinaluminium nachträglich mit den anderen Metallen zusammengeschmolzen wird. Die Verwendung des reinen wie des legierten Aluminiums ist in beständiger Zunahme begriffen, vor allem für den Schiffsbau und für militärische Ausrüstungsgegenstände.

Ebenfalls ins Gebiet der angewandten Chemie gehört der Vortrag von Felix B. Ahrens „das Acetylen in der Technik“ (Einzelausg. M. 1,20). Aus dem reichen Inhalt sei über den Rohstoff, das Calciumcarbid, mitgeteilt, dafs bei dessen Darstellung aus gebranntem Kalk und Kohle sich in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens die gewünschte Verbindung nicht bildet oder vielmehr infolge der dort herrschenden aufserordentlich hohen Temperatur nach ihrer Entstehung sofort dissociiert wird, sowie dafs die Anwendung des Wechselstromes der des Gleichstromes vorzuziehen ist. Was das Acetylen betrifft, so wird es in der Technik stets über Wasser aufgefangen; da es aber in diesem ziemlich stark löslich ist, so empfiehlt sich für Vorlesungs- und Laboratoriumsversuche als Sperrflüssigkeit conzentrierte Kochsalzlösung, die von dem Gase nur $^1/_{20}$ ihres Volumens löst. Das erhaltene Acetylen ist wegen der Verunreinigungen des Rohstoffes niemals chemisch rein; ständig enthält es Phosphorwasserstoff sowie organische Verbindungen des Schwefels und Phosphors, während Beimengungen von Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Kohlenwasserstoffen sich nur dann finden, wenn das Acetylen ohne grofsen Wasserüberschufs aus dem Carbid dargestellt wird. Diese Begleiter machen zwar in der Regel nur 0,5 % des Gases aus, rufen aber vielerlei Übelstände hervor; daher ist vor dem Gebrauche eine Reinigung notwendig; vor allem mufs der Phosphorwasserstoff entfernt werden, da er nicht nur die Helligkeit der Flamme beeinträchtigt, sondern auch alle kupferhaltigen Metallteile angreift und zu Selbstentzündungen Anlafs geben kann. Zur Zeit sind verschiedene Reinigungsmassen in Gebrauch, nämlich Chlorkalk, der den Phosphorwasserstoff durch Oxydation völlig entfernt, aber häufig neue Verunreinigungen durch Chlor oder Chlorverbindungen zur Folge hat, ferner die von A. Frank vorgeschlagene salzsaure Kupferchlorürlösung, die in einer theoretisch noch nicht ganz aufgeklärten Weise sämtliche schädlichen Verunreinigungen zerstört, und die Ullmannsche Reinigungsmasse, die im wesentlichen aus einer angesäuerten Chromsäurelösung besteht, und deren Wirkung auf Oxydationsvorgängen beruht. Ahrens kommt auf Grund eigener Untersuchungen zu dem Ergebnisse, dafs zwar nach keinem dieser Verfahren eine vollkommene Reinigung des Gases erzielt werde, dafs sie jedoch sämtlich den Anforderungen der Praxis genügen. — Aus der organischen Chemie ist die Arbeit von Julius Schmidt „über die Pyrazolgruppe“ (Einzelausg. M. 1,20). Zu dieser Gruppe gehören die zahlreichen, vom Pyrazol derivierenden Verbindungen, die sämtlich in der Molekel einen aus drei Kohlenstoff- und zwei Stickstoffatomen bestehenden Kern enthalten, wegen der innerhalb der Molekel sehr leicht eintretenden Atomverschiebungen ein aufserordentliches theoretisches Interesse besitzen und überdies, wie insbesondere das Antipyrin, sich durch ihre physiologischen oder sonstigen Eigenschaften auszeichnen. — Einen der wichtigsten Abschnitte aus der Geschichte der Chemie behandelt M. Dennstedt in seinem Vortrage „die Entwickelung der organischen Elementaranalyse“ (Einzelausg. M. 3,60). Die Untersuchung, welche durchwegs auf die Originalarbeiten zurückgeht, beginnt mit Lavoisier, der es zuerst unternahm, die Zusammensetzung von nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden Verbindungen durch Verbrennung gewogener Stoffmengen und Wägen der entstehenden Kohlensäure und des entstehenden Wassers zu ermitteln, und führt bis zu den neuesten Methoden, wie sie teilweise vom Verfasser selbst herrühren. Vor den entsprechenden Kapiteln in den Lehrbüchern der Geschichte der Chemie hat die Arbeit — um von allem anderen abzusehen — noch den Vorzug, die Apparate und Versuchsanordnungen von Lavoisier an bis zur heutigen Zeit durch Abbildungen zu erläutern. — Schliefslich sei noch auf die Arbeit von J. Traube „über den Raum der Atome“ (Einzelausg. M. 2,40) hingewiesen. *J. Schiff.*

The Letters of Faraday and Schoenbein 1836—1862. Edited by Georg W. A. Kahlbaum and Francis W. Darbishire. Basel, B. Schwabe, 1899. XVI u. 376 S.

Das Buch ist für englische Leser berechnet, da nicht nur die vom deutschen Herausgeber verfafste Preface und Introduction, sondern auch alles andere, freilich auch die Originalbriefe Schönbeins englisch geschrieben sind. Obgleich der Inhalt sich vielfach mit den von demselben Herausgeber veröffentlichten Briefen Schönbeins an Liebig (ds. Zeitschr. *XIII 240*) und Berzelius (*XII 249*) deckt, so bildet dieser Briefwechsel doch eine neue wertvolle Quelle für den, der die eigenartigen physikalisch-chemischen Probleme Schönbeins, die noch vielfach in die Gegenwart übergreifen, von neuem in Angriff nehmen will. Die beiden beigegebenen Bildnisse der Forscher haben künstlerischen Wert. *O.*

Die wichtigsten Grundbegriffe der Elektrochemie und ihre Verwertung bei den neueren Theorien der galvanischen Elemente und Akkumulatoren. Von Dr. W. Bermbach. Mit 6 Fig. Leipzig, O. Wigand, 1900. 42 S. M. 1.

Die Schrift giebt eine treffliche Zusammenfassung der neueren Anschauungen über die Elektrolyse. Nachdem die Gesetze des osmotischen Druckes, die elektrolytische Dissociation sowie die Stromleitung in Elektrolyten behandelt sind, wird die Nernstsche Theorie der Stromerzeugung in galvanischen Elementen in ihren Grundzügen anschaulich dargelegt. Ebenso wird weiterhin die Theorie des Akkumulators entwickelt, wobei die Arbeit von Dolezalek „Über die chemische Theorie des Bleiakkumulators“ (Ann. d. Ph. u. Ch. 65, 1898) besondere Berücksichtigung findet. Obgleich die Schrift aus einem Vortrage (in der Elektrotechn. Ges. zu Köln) hervorgegangen ist, ist sie doch keine auf der Oberfläche bleibende populäre Arbeit, sie hat vielmehr wissenschaftlichen Gehalt und kann zur ersten Orientierung angelegentlich empfohlen werden. *O.*

Lehrbuch der anorganischen Chemie mit kurzem Grundriſs der Mineralogie. Von Prof. Dr. J. Lorscheid. Mit 221 Textfiguren und einer Spektraltafel. 14. Aufl. von Dr. F. Lehmann in Siegen. Freiburg i. B., Herder, 1899. VIII u. 342 S. M. 3,50 geb. M. 4.

Die neue, nach dem Zurücktreten von H. Hovestadt vom Obengenannten besorgte Ausgabe hat tiefer gehende Abänderungen nicht erfahren. Eingefügt wurden zwei Abschnitte über die neuen Gase der Atmosphäre und über das Acetylen. Die metallurgischen Ausführungen wurden ergänzt; das Lindesche Verfahren und die sonstigen Ergebnisse der modernen Kältetechnik, ferner die technische Anwendung des Aluminiums u. a. fanden sachgemäſse Berücksichtigung. Bei dem Bemühen, die älteren Angaben durch neuere zu ersetzen, sind dem Bearbeiter einige Unrichtigkeiten entgangen; so wird als tiefstes Bohrloch immer noch das von Sperenberg angeführt, auch sind die südafrikanischen Diamantvorkommen in ihrer Eigentümlichkeit nicht berücksichtigt; ferner entsprechen die Angaben der Atomvolumen z. B. für Jod und Natrium nicht den neuesten Forschungen. Geradezu verbesserungsbedürftig sind aber die in der Einleitung gegebenen Begriffe von Atom und Molekül; es tritt z. B. auch nicht hervor, was Erfahrung und was Hypothese ist, da von letzterer überhaupt nicht die Rede ist. Die späteren, den einzelnen Abschnitten angefügten theoretischen Erörterungen zeichnen sich jedoch durch Ausführlichkeit und Klarheit aus. Zu dem ausserordentlich reichhaltigen chemischen und technologischen Lehrstoff des Buches steht der kärglich bemessene mineralogische Abschnitt in keinem günstigen Verhältnis. *O.*

Grundzüge der Chemie und Mineralogie. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. R. Arendt in Leipzig. Mit 275 Abbildungen und einer Buntdrucktafel. 7. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Voſs, 1899. XVI u. 425 S. M. 3.

Die ursprünglich auf unorganische und organische Chemie sich beschränkenden „Grundzüge“ sind bereits in der 5. und 6. Auflage durch zwei Abschnitte „Die wichtigsten Mineralien“ (bearbeitet unter Mitwirkung von F. Nies) und „Die wichtigsten Gesteine“ (bearbeitet von J. Hazard) erweitert worden; die vorliegende Auflage ist ausserdem durch einen etwa 15 Seiten umfassenden Abschnitt „Systematischer Überblick der anorganischen Chemie“ vermehrt worden. Hierdurch ist allerdings der Umfang des Buches erheblich (von 238 auf 425 S.) angewachsen. Der letzterwähnte Abschnitt stellt eine gewisse Annäherung an die rein systematischen Lehrbücher dar, während sonst das Wesen des Buches darin besteht, daſs der Stoff nach Reaktionen methodisch bearbeitet ist. Es ist jedoch bemerkenswert, daſs die Mineralien nicht in die methodische Bearbeitung einbezogen sind; diese finden sich nur in üblicher systematischer Anordnung aufgezählt, übrigens mit etwas sehr kurz gehaltenen Angaben — beispielsweise ist das Vorkommen gar nicht berücksichtigt.

Der grosse Wert der Arendtschen Lehrbücher besteht darin, daſs sie zuerst den bis dahin allein geltenden akademisch-systematischen Lehrgang erfolgreich durchbrachen. Eine Diskussion der Methode nach ihren Licht- und Schattenseiten ist hier nicht beabsichtigt; auch von Einzelheiten seien nur wenige berührt. Wenn die Untersuchung der Luft (S. 1—13) auf die an die Spitze gestellten schweren Metalle basiert wird, so widerspricht es einer strengeren Methodik, daſs bei einer Unterfrage — nämlich bei der Gewichtszunahme des Metalles — zu einem Leichtmetall, dem Magnesium, das noch nicht beschrieben wurde, gegriffen wird (S. 9, Vs. 1) — zumal hierüber bessere neuere Versuche vorliegen. Die Art und Weise, wie der Wasserstoff mitten in die Luftuntersuchung hineingezogen wird — nämlich nur als Hülfsmittel, um Luftabschluſs zu erzielen — hat etwas Künstliches. Die auf S. 36 gegebene Gruppierung der Elemente nach ihrem praktischen Wert ist zweckmäſsig, doch ist das Jod — das nach den neueren physiologischen Forschungen für den menschlichen Organismus so wichtig ist — zur ersten Gruppe der unentbehrlichen Stoffe zu stellen. Die als Fuſsnote gegebenen Worterklärungen sind mehrfach ungenau; monströs ist die Bildung des Wortes moleculum (S. 69). Diese Ausstellungen sind nicht wesentlicher Natur. Ein stärker fühlbarer Mangel ist es jedoch, daſs



die physikalische Chemie im ganzen zu wenig berücksichtigt ist. In dieser Beziehung ist z. B. dem oben besprochenen systematischen Lehrbuch von Lorscheid entschieden der Vorzug einzuräumen. So fehlt beispielsweise ein Kapitel über Thermochemisches, über die Natur der Lösungen u. a.; auch die Maſsanalyse ist nicht näher berücksichtigt. Selbst das Allgemein-Theoretische ist, abgesehen von dem ausführlich bearbeiteten Kapitel „Stöchiometrie", zu knapp gehalten; dies gilt übrigens auch von der organischen Chemie. Beiläufig ist der in jenem Kapitel (S. 96) angegebene Satz „wenn ein Gas bis auf — 273° abgekühlt wird, so verschwindet sein Volum gänzlich" nicht haltbar.

Durch die Einfügung der genannten Erweiterungen brauchte die Übersichtlichkeit des sonst so klaren methodischen Verfahrens nicht beeinträchtigt zu werden. *O. Ohmann.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

7. Hauptversammlung in Hamburg vom 5. bis 7. Juni 1900.

Am ersten Tage, dem 5. Juni, wurde die Versammlung von den Herren Prof. Dr. Voller, Realschuldirektor Dr. Thaer und Dr. Bonert mit Ansprachen begrüſst, die der Vorsitzende des Vereins Prof. Pietzker erwiderte. Den ersten Vortrag hielt Direktor Prof. Schotten über „Wissenschaft nnd Schule". Er stellte als Prinzip auf, daſs alle höheren Schulen nicht Fachvorbildung, sondern die Grundlage geistiger Ausbildung überhaupt zu schaffen hätten. Die höheren Schulen haben auch nicht die Aufgabe die Wissenschaft selbst zu fördern, sondern ihren Schülern Freude an der Arbeit, Interesse für höheres geistiges Leben einzuprägen. Bei weitem nicht alles, was sicherer und fester Besitz der Wissenschaft sei, gehöre darum auch auf die Schule; noch weniger alles das, was noch im Flusse der Entwicklung begriffen sei. In der Botanik sei das Linnésche System für die Schule geeigneter als das natürliche. In der Physik würde heut auf den höheren Schulen mehr getrieben, als vor zwanzig Jahren auf den Universitäten. Aber gerade auf diesem Gebiete sei die Gefahr des Zuviel besonders gross. Maſsgebend müsse hier sein, daſs wir nicht die Aufgabe haben, für das physikalische Studium im besonderen vorzubereiten, daſs wir zweitens auch nichts bieten dürfen, was nicht als völlig sicherer Besitz der wissenschaftlichen Erkenntnis sich heraus krystallisiert hat, und daſs wir drittens nichts lehren dürfen, dessen methodische Behandlung nicht eine gewisse Vollkommenheit erlangt hat. Von diesem Standpunkte aus erklärte der Vortragende es mit Recht als unzweckmäſsig, auf den höheren Schulen die Maxwellsche Theorie als leitendes Prinzip einzuführen. Die methodische Behandlung dürfe selbstverständlich nicht im Gegensatze stehen zu den wissenschaftlichen Ergebnissen und Thatsachen. Solche Ideen, Gedanken, Hypothesen, die aus dem allgemein bildenden Unterricht heraus wachsen, aus ihm heraus verständlich sind, müssten mitgeteilt werden, soweit sie eben dem Schüler verständlich sind; aber den Unterricht darauf aufzubauen, erscheine in der That doch als sehr bedenklich. Ähnlich liege es auf dem Gebiet der Chemie, wo der Unterricht der höheren Schule auch nicht in Conkurrenz treten darf mit dem Experimentalkolleg an der Universität. Rein wissenschaftlich, aber auch rein elementar müsse der Unterricht sein; wie diese beide Forderungen zu vereinigen seien, dafür könnten die sogen. Strafsburger Elementarbücher (bei Trübner) als Muster gelten. —

Hierauf sprach Prof. Böger (Hamburg) über die Geometrie der Lage in der Schule, Prof. Schubert (Hamburg) über „Heronische Dreiecke mit rationaler Schwerpunktstransversale". Herr Lorey (Remscheid) zeigte einen von Dr. May construierten neuen Stangenzirkel zum Gebrauch an der Schulwandtafel, der für 3 M. von dem Mechaniker Grofs in Königsberg geliefert wird. —

Prof. Kiefsling (Hamburg) hielt einen Vortrag über künstliche Erzeugung von Nebel. Zur Nebelbildung durch künstliche Abkühlung gesättigter Luft benutzt der Vortragende Glasflaschen von 3 l Inhalt, deren Boden etwa 3 cm hoch mit Wasser bedeckt und deren Hals durch einen mit Rohr und Glashahn versehenen Stopfen verschlossen ist. Die Temperaturerniedrigung wird durch kräftiges Saugen an dem Rohr und darauffolgendes Schliessen des Hahns, oder durch kräftiges Einblasen von Luft, Schliefsen des Hahns und Wiederöffnen nach etwa 10 Sek., am besten mit gleichzeitigem Saugen, hervorgebracht. Bei fast staubfreier Luft tritt nur schwache Nebelbildung ein, die erst bei starker Beleuchtung auf weitere Entfernung gut sichtbar wird, dagegen wird starke Nebelbildung sichtbar, wenn man den von einem brennenden Schwefelholz aufsteigenden Rauch zutreten läfst. In völlig staubfreier, durch Watte filtrierter Luft kann kein Nebel entstehen. Der Vortragende demonstrierte darauf, dafs bei der Condensation von Wasserdampf nicht Wasserbläschen, sondern äufserst kleine Wassertropfen entstehen. Von einem etwa 2 cm breiten, vor der elektrischen Lampe stehenden Diaphragma wurde auf einem Projektionsschirm ein scharfes Bild erzeugt und in



den Lichtkegel eine mit homogenem Nebel gefüllte Flasche gehalten; das Diaphragmabild erschien dann von farbigen, hellleuchtenden Beugungsringen umgeben. Wurde nun der Druck in der Flasche vermindert, so trat keine plötzliche Veränderung der Ringdurchmesser ein, was der Fall sein müfste, wenn der Nebel aus Bläschen bestände. Er ist daher aus Tröpfchen gebildet. Am Schlusse gab der Vortragende eine Erklärung für das Schweben und Aufsteigen des Nebels in der Luft.

Prof. Dr. Wernicke (Braunschweig) sprach dann über Schulaufgaben aus der Mechanik unter besonderer Berücksichtigung der Technik. Nach einem Hinweis auf die neuerliche Einführung der angewandten Mathematik als Prüfungsgegenstand für Lehramtskandidaten und auf die neue von ihm bearbeitete Auflage von Wernickes (Vater) Mechanik ging der Vortragende auf die Theorie der Vektoren und deren weitgehende Verwendbarkeit ein und führte eine Reihe von Aufgaben an, die für die oberen Klassen unserer höheren Schulen geeignet seien. Er besprach insbesondere den Satz von Coriolis und die Beziehungen zwischen Parallelogramm-Gesetz, Momentensatz und Arbeitssatz, dann die belastete Schwingung und den Schwungregulator, die Knickung einer Säule, die östliche Abweichung des freien Falls und das Cycloidenpendel. —

Am 6. Juni hielt Prof. Dr. Voller, der Direktor des physikalischen Staatsinstituts in Hamburg, einen Vortrag über Becquerelstrahlen und führte dabei Versuche mit einem radioaktiven Baryumbromid von Dr. Giesel aus. Ferner erläuterte er die photographischen Wirkungen der Becquerelstrahlen durch Projektion mehrerer von Dr. Walter (Hamburg) hergestellter Aufnahmen, zeigte an Photographien, dafs die Absorption der Strahlen mit dem Atomgewicht wächst und dafs gewisse dieser Strahlen durch den Magneten abgelenkt werden. — Dr. Classen (Hamburg) führte Versuche mit flüssiger Luft vor, die mit einer Lindeschen Maschine erzeugt war.

Prof. Koeppen (Hamburg) teilte mit, dafs auf der letzten in Hamburg stattgehabten Conferenz von Vertretern der Landwirtschaft und der Meteorologie der dringende Wunsch nach Verbreitung meteorologischer Kenntnisse in weiteren Kreisen laut geworden sei, und forderte zu gröfserer Berücksichtigung der Meteorologie im Unterricht auf. — Prof. Dennstedt, Direktor des chemischen Staatslaboratoriums in Hamburg, regte an, dafs auch der praktischen Photographie eine Unterrichtsstunde gewidmet werde und führte eine Blitzlichtaufnahme mit darauf folgender Herstellung eines Positivbildes aus.

Oberlehrer Dr. Ahlborn (Hamburg) sprach über die Mechanik der Flugbewegung und den Luftwiderstand. Er behandelte zunächst den passiven Schwebeflug, und zeigte wie bei den dynamischen Flugapparaten dieser Art durch geeignete Verteilung der Masse Schwankungen und Rotationen vermieden werden können. Bei dem aktiven, aufwärts gerichteten Schwebeflug müssen besondere hebende Kräfte in Thätigkeit treten; beim Segeln und Kreisen der Vögel werden Windstöfse zur Hebung ausgenutzt. Auch den Schülern dürfe das physikalische Verständnis der Flugerscheinungen nicht vorenthalten werden. Angenommen wurde darauf folgende These des Vortragenden: die Versammlung erachtet es für zeitgemäfs, dem Unterricht über Aerodynamik ein Kapitel über die Theorie der Flugbewegung hinzuzufügen. —

Realschullehrer Krebs (Hagenau i. W.) sprach über Unterrichtsausflüge in pädagogischer und hygienischer Beziehung. Er befürwortete den bei solcher Gelegenheit zu erteilenden Unterricht im Freien, nicht blofs für Botanik, sondern auch für Zoologie, und empfahl, die Stunden hierfür aus der übrigen Schulzeit heraus auf Nachmittage zu verlegen.

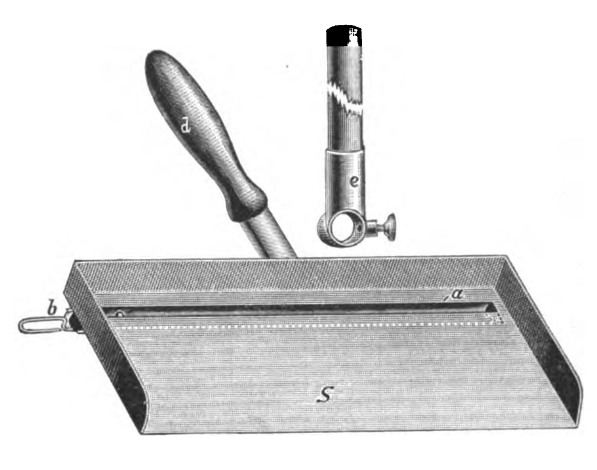
Am 7. Juni erstattete Prof. Pietzker seinen Bericht über den Entwurf eines Lehrplans in der darstellenden Geometrie. — Buchenau (Bremen) sprach über den Schutz der Naturdenkmäler. — Im geschäftlichen Teil wurde Giefsen zum Versammlungsort für die nächstjährige Versammlung bestimmt.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine neue Quecksilberschippe. Wohl jeder, der sich mit physikalischen Arbeiten beschäftigt, wird zu seinem Ärger erfahren haben, wie schwierig und zeitraubend es ist, auf den Tisch oder Fufsboden verschüttetes Quecksilber wieder aufzusammeln. Bedeutend erleichtert wird diese unangenehme Arbeit durch eine sehr zweckmäfsig eingerichtete, gesetzlich geschützte Quecksilberschaufel, welche von der Firma Dr. R. Muencke (Berlin NW, Luisenstr. 58) in neuester Zeit construiert wird. Sie besteht, wie aus nebenstehender Abbildung ersichtlich, aus einem dünnen Eisenblech S, dessen zugeschärfte Vorderkante sich durch leichten Druck glatt auf den Fufsboden anlegt. Die mit Hilfe eines kleinen dichten Borstenbesens auf die Schaufel gefegten Quecksilberkügelchen fallen in eine am hinteren Ende des Bleches angebrachte Rinne a. Durch die besondere Construktion dieser Rinne ist vermieden, dafs das einmal in der Rille befindliche Quecksilber, selbst bei gröfserer Neigung



der Schippe, wieder herausfallen kann. Das in der Rinne angesammelte Quecksilber kann durch eine mit Hilfe eines Schiebers verschlossene Öffnung *b* direkt in das zur Aufbewahrung dienende Gefäfs gefüllt werden. Aufser dem Griff *d* ist der Schippe noch ein längeerr Stiel *e* beigegeben. Der kleine, sehr einfache Apparat hat sich gut bewährt und kann für physikalische Laboratorien u. dergl. empfohlen werden. Der Preis beträgt 5,50 M., mit Bürste und zwei längeren Griffen (um Quecksilber vom Boden aufzufegen) 6,50 M. Die Firma ist zur Zeit noch mit der Ausführung einer zweiten Form der Schaufel, geeignet zur Aufnahme gröfserer Quecksilbermengen, beschäftigt.



Correspondenz.

T. Essen. — Der Vorschlag, den Obertertianern die Änderungen der Geschwindigkeit beim Pendel durch wachsende und wieder abnehmende Einlagen in eine Sparkasse zu veranschaulichen, ist gewifs zweckmäfsig. Angesichts der Schwierigkeit aber, die auf jener Unterrichtsstufe noch mit den Begriffen Geschwindigkeit und Beschleunigung verknüpft ist, dürfte wohl die Erwägung nahe liegen, ob nicht überhaupt der Gegenstand besser einer höheren Stufe vorbehalten bliebe.

— — Eine vollständige Übersetzung der Rede von A. Cornu über die Theorie der Lichtwellen und ihren Einflufs auf die moderne Physik, worüber in ds. Zeitschr. *XII 363* berichtet ist, findet sich in der „Physikalischen Zeitschrift“, I No. 34 und 35 (2. Juni 1900).

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

A. Föppl, Vorlesungen über technische Mechanik. II. Bd. Graphische Statik. Mit 166 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. geb. M. 10. — **Rich. Börnstein** und **Karl Scheel,** Die Fortschritte der Physik im Jahre 1899. 55. Jahrgang. Erste Abteilung. Physik der Materie. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 26. — **Otto Fischer,** Der Gang des Menschen. III. Teil. Leipzig, Teubner, 1900. M. 6. — **Richard Meyer,** Jahrbuch der Chemie. IX. Jahrgang, 1899. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **Ludwig Dressel,** S. J., Elementares Lehrbuch der Physik, nach den neuesten Anschauungen, für höh. Schulen u. z. Selbstunterricht. 2. Auflage in 2 Abteilungen mit zusammen 589 Figuren. Freiburg i. B., Herder, 1900. M. 15, geb. M. 16. — **H. Griesbach,** Physikalisch-chemische Propädeutik. 2. Hälfte, 3 Lief. m. 210 Fig. im Text. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1900. M. 10. — **Friedr. Kohlrausch,** Die Energie oder Arbeit und die Anwendungen des elektrischen Stromes. Leipzig, Duncker u. Humblot. 1900. geb. M. 2,40. — **V. Schaffers,** Les plaques sensibles au champ électrostatique. Paris, A. Hermann, 1900. — **W. Ostwald,** Grundlinien der anorganischen Chemie. Mit 122 Textfig. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1900. geb. M. 16. — **R. Arendt,** Technik der Experimental-Chemie. 3. Aufl. Hamburg, Leopold Voss, 1900. M. 20. — **H. W. Bakhuis Roozeboom,** Die Bedeutung der Phasenlehre, Vortrag. Mit 6 Textfiguren. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1900. M. 0,80. — **J. H. van 'tHoff,** Die Entwicklung der exakten Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert. Hamburg, Leop. Voss, 1900. M. 0,80. — **H. Wichelhaus,** Wirtschaftliche Bedeutung chemischer Arbeit. 2. Ausg. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **A. Pictet,** Die Pflanzenalkaloïde und ihre chemische Constitution. In deutscher Bearb. von Dr. Rich. Wolffenstein. 2. Aufl. Berlin, Jul. Springer, 1900. geb. M. 9. — **Lassar-Cohn,** Die Chemie im täglichen Leben. 4. Aufl. mit 22 Textabbild. Hamburg, Leop. Voss, 1900. M. 4. — **H. Püning,** Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. 2. Aufl. Mit 324 Figuren. Münster i. W., Aschendorff, 1900. M. 3,50. — **P. Johannesson,** Physikalische Mechanik. Mit 37 Figuren. Berlin, Jul. Springer, 1900. — **Vincenz Wachter,** Das Wichtigste der organischen Chemie. München, Oldenbourg, 1900. M. 1,60. — **J. Maria Eder,** Recepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. V. Aufl. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1900. M. 2,50. — **W. Weiler,** Der praktische Elektriker. Mit 542 Textfiguren. 4. Aufl. Leipzig, Moritz Schäfer. M. 8.



Himmelserscheinungen im Dezember 1900 und im Januar 1901.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Dezember							Januar							
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	35	
Helio-centrische Längen.	125°	151	174	193	210	225	239	253	267	281	296	313	331	352	☿
	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	♀
	69	74	79	84	89	94	99	104	110	115	120	125	130	135	♁
	116	119	121	123	125	128	130	132	134	136	139	141	143	145	♂
	261	261	262	262	263	263	263	264	264	265	265	265	266	266	♃
	277	277	277	277	277	277	277	278	278	278	278	278	278	279	♄
Aufst. Knoten.	241	241	241	241	240	240	240	240	239	239	239	239	238	238	☊
Mittl. Länge.	4	70	136	202	268	333	39	105	171	237	303	9	75	141	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	0	73	142	198	262	330	38	111	172	230	299	7	78	145	☾
	229	232	237	243	251	258	267	275	284	292	301	310	319	328	☿
	212	217	223	230	236	242	249	255	262	269	275	282	289	296	♀
	247	253	258	264	269	275	280	286	291	297	302	307	312	317	☉
	156	158	159	161	162	163	164	165	165	165	165	165	164	163	♂
	258	259	261	262	263	264	265	267	268	269	270	271	273	274	♃
	275	275	276	276	277	278	278	279	280	280	281	281	282	283	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+ 5	+ 21	+ 10	− 11	− 21	− 7	+ 17	+ 18	− 2	− 19	− 16	+ 7	+ 21	+ 9	☾
	− 15	− 16	− 18	− 20	− 22	− 23	− 24	− 24	− 24	− 24	− 22	− 21	− 18	− 15	☿
	− 11	− 13	− 15	− 16	− 18	− 19	− 21	− 22	− 22	− 23	− 23	− 23	− 22	− 22	♀
	− 22	− 22	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 22	− 21	− 20	− 19	− 18	− 16	☉
	+ 12	+ 12	+ 11	+ 11	+ 11	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 11	+ 11	+ 11	+ 12	♂
	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	♃
	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 22	− 22	− 22	− 22	♄
Aufgang.	19h51m	19.58	20.4	20.8	20.11	20.13	20.14	20.12	20.10	20.6	20.0	19.54	19.47	19.38	☉
	0h57m	4.1	9.47	15.19	20.15	22.41	0.23	5.2	10.51	16.16	19.57	21.58	0.38	6.18	☾
Untergang.	3h48m	3.45	3.44	3.44	3.45	3.48	3.53	3.58	4.5	4.13	4.21	4.30	4.39	4.49	☉
	14h30m	20.42	23.17	0.32	3.33	9.38	16.14	20.33	22.17	24.33	4.42	11.24	17.13	19.45	☾
Zeitglchg.	− 10m56s	− 8.57	− 6.44	− 4.21	− 1.53	+ 0.37	+ 3.4	+ 5.24	+ 7.33	+ 9.28	+ 11.7	+ 12.27	+ 13.27	+ 14.6	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Dezember 3	9h		Mond in Erdnähe		Januar 4	13h	14m	Vollmond
5	23	38m	Vollmond		12	0		Mond in Erdferne
13	11	42	Letztes Viertel		12	9	38	Letztes Viertel
15	2		Mond in Erdferne		20	3	36	Neumond
21	13	1	Neumond		24	0		Mond in Erdnähe
28	14	48	Erstes Viertel		26	22	52	Erstes Viertel
30	5	.	Mond in Erdnähe					

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Dez. 16	18h23m	17.7	10.3	19.58	20.54
	Jan. 16	20. 9	18.27	8.21	18.24	19.6
Untergang der Planeten.	Dez. 16	2. 47	2.13	0.7	3.40	4.40
	Jan. 16	3. 43	2.11	22.19	2.1	2.54

Constellationen. Dez. 4 20h Uranus ☌ ☉; 7 16h ☿ in gröfster westlicher Elongation von 21°; 12 14h ♂ ☌ ☾; 13 22h ♃ ☌ ☉; 18 20h ♀ ☌ ☾; 19 17h Neptun ☌ ☉; 21 2h ♃ ☌ ☾; 21 20h ☉ im Steinbock, Wintersonnenwende; 29 2h ♄ ☌ ☉. — Januar 2 10h ♁ in Sonnennähe; 9 9h ♂ ☌ ☾; 21 15h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern.

Verfinsterungen der Jupitermonde sind noch nicht wieder zu beobachten.

Algols-Minima treten ein: Dez. 8 18h, 11 15h, 14 12h, 17 8h, 20 5h, 31 16h; Januar 3 13h, 6 10h, 9 7h, 20 18h, 23 15h, 26 12h, 29 9h.

Meteore. Dezemberschwarm (8.—11.) und Januarschwarm (1.—3.) sind des Mondlichtes wegen nur teilweise zu beobachten.

Das Zodiakallicht ist nach dem 8. Januar abends am Westhimmel nach dem Erlöschen der Dämmerung aufzufinden.

J. Plafsmann, Münster.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.



Date Due


The Ohio State University
3 2435 05651578 6
THE OHIO STATE UNIVERSITY BOOK DEPOSITORY
D AISLE SECT SHLF SIDE POS ITEM C
8 03 35 05 7 04 008 4